

Heikki Kemppainen

KONVERTTERIN PUDOTUSSONDILAITTEISTON MEKAANINEN PARANTAMINEN

KONVERTTERIN PUDOTUSSONDILAITTEISTON MEKAANINEN PARANTAMINEN

Heikki Kemppainen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu, Raahen tekniikan yksikkö
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Heikki Kempainen

Opinnäytetyön nimi: Konvertterin pudotussondilaitteiston mekaaninen parantaminen

Työn ohjaajat: Matti Broström, Seppo Ollila, Pekka Virsiheimo

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014

Sivumäärä: 56+4 liitettä

Opinnäytetyö on tehty Rautaruukin Raahen tehtaan terässulatolle. Toimeksianto ja aihe saatiin mekaanisen kunnossapidon puolelta, sillä käytössä olevien pudotussondilaitteistojen toimintavarmuus ei ole halutulla tasolla vaan on vuosien aikana ollut laskusuhdanteessa. Tämä hidastaa ajallisesti teräksen tuotantoa ja lisää kustannuksia menetettyjen suorakaatojen myötä.

Tavoitteena oli löytää mekaanisia parannuskohteita pudotussondilaitteistoihin häiriökoodi 6:n ehkäisemiseksi. Lisäksi työssä perehdyttiin laitteistojen peruskorjauksiin, niihin pystyviin kotimaassa toimiviin yrityksiin sekä peruskorjauksen aiheuttamiin kustannuksiin. Näihin asioihin pyrittiin löytämään tietoa ja keinoja tutkimalla laitteistojen manipulaattoreita niiden ollessa huollossa, hyödyntämällä Arttu-kunnossapitojärjestelmästä löytyviä tietoja sekä olemalla yhteydessä Ruukin Raahen tehtaan ostajiin.

Manipulaattoreita ja niiden toimintaan vaikuttavia komponentteja tutkimalla löytyi useita kohteita liittyen laitteistojen huoltoihin, tiiviyteen sekä sylintereiden ja sähkökomponenttien toimivuuteen. Nämä ovat osaltaan voineet vaikuttaa pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden laskuun aiheuttaen ylipaineen puuttumista ja heikon puhdistamisen vuoksi pneumaattisten sekä sähköisten komponenttien heikkoa toimivuutta. Hyödyntämällä omaa tuntemusta laitteistoista ja keskustelemalla huoltohenkilöstön kanssa mahdollistui potentiaalisten vikakohtien löytäminen sekä muutostieteiden kehittyminen etenkin sylintereihin ja niiden kiinnityksiin.

Tulevaisuudessa suoritettavat manipulaattoreiden peruskorjaukset luovat mahdollisuudet laitteistojen yksilöinnille ja paremmalle seuraamiselle, sillä tällöin vikatilanteet voidaan kirjata oikealle laitteistolle. Lisäksi imurointilaitteiston uusiminen ja -metodien muuttaminen mahdollisesti parantavat laitteistojen toimivuutta, jolloin voidaan saavuttaa toimintavarmuuden kasvua.

Asiasanat: konvertteri, pudotussondilaitteisto, peruskorjaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Author: Heikki Kemppainen

Title of thesis: Mechanical Improvement of Steel Making Converter's QuiK-Tap Drop In Systems

Supervisors: Matti Broström, Seppo Ollila, Pekka Virsiheimo

Term and year of completion: Spring 2014 Number of pages: 56+4 appendices

This Bachelor's thesis was made for Ruukki Metals at Raahe Steel Works. The assignment and topic were given by the mechanic maintenance because the reliability of the QuiK-Tap Drop In Systems was not at the desired level. This slows down manufacturing of steel and increases costs because of the lost direct tappings of BOF.

The aim was to find mechanical improvements for QuiK-Tap Drop In Systems. Furthermore, complete renovations of setups, available firms operating in Finland as well as the expenses of a complete renovation were examined. Information and means for these were searched by examining the manipulators when they were being maintained, by exploiting data found in the maintenance system Arttu and by interaction with buyers at Ruukki Metals steel plant in Raahe.

Many subjects regarding the maintenance and compactness of setups as well as operability of cylinders and electrical components were found by examining manipulators and components which affect their operations. These could have affected the decrease of the reliability of the QuiK-Tap Drop In Systems causing lack of excess pressure and – due to weak cleaning - unsatisfactory operability of pneumatic and electrical components. Detection of potential failures and ideas for improvements concerning especially cylinders and their attachments became possible by exploiting the thesis writer's own knowledge of setups and by discussing with maintenance operators.

The renovations of the manipulators accomplished in the future will create possibilities for individualization of setups and for better tracking because then the failures can be marked for the right setup. In addition, reforming the vacuuming system and changing the vacuuming methods will possibly improve the functionality of the setups, and increased reliability can thus be reached.

Keywords: steel making converter, QuiK-Tap Drop In Systems, renovation

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Raahessa kevään 2014 aikana Rautaruukki Oyj:n toimeksiantamana. Työ on osa kone- ja tuotantotekniikan insinöörin opintoja Oulun ammattikorkeakoulun Raahen tekniikan yksikössä.

Työn valvojina ja ohjaajina toimivat Rautaruukilta kunnossapitopäällikkö Pekka Virsiheimo sekä teknologia-asiantuntija Seppo Ollila ja Oulun ammattikorkeakoulusta lehtori Matti Broström. Heitä haluan erityisesti kiittää tämän opinnäytetyön valmistumisesta ja opastamisesta opinnäytetyön teossa.

Suuri kiitos työstä kuuluu myös lähimmäisilleni, jotka ovat kannustaneet opinnäytetyön teossa. Lisäksi haluan kiittää opiskelukavereitani, joiden kanssa työn teon aikana tulleita kokemuksia ja tunteita on voinut jakaa. Terässulaton kunnossapitohenkilöstöä ja tehtaan ostohenkilöstöä haluan kiittää puitteiden luomisesta työn suorittamista varten.

Raahessa 9.5.2014

Heikki Kemppainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
1 JOHDANTO	8
2 RAUTARUUKKI OYJ	9
2.1 Konsernirakenne	9
2.2 Raahen tehdas	10
3 TERÄKSEN VALMISTUSPROSESSI	12
3.1 Prosessin eteneminen	12
3.2 Konvertterit	14
3.3 Konvertterin happi- ja/tai lämpötila-arvojen mittaaminen	19
4 PUDOTUSSONDILAITTEISTO	21
4.1 Heraeus Electro-Nite	22
4.2 Pudotussondilaitteen käyttö	22
4.3 Pudotussondilaitteiston komponentit	25
4.4 Pudotussondilaitteiston toimintaperiaate	29
5 PUDOTUSSONDILAITTEISTON HÄIRIÖT JA VIAT	31
5.1 Vikojen ryhmittely	34
5.1.1 Mekaaniset viat	34
5.1.2 Sähköviat	35
5.1.3 Pneumaattiset viat	35
5.1.4 Sondeja koskevat viat	36
5.1.5 Muut viat	36
5.2 Vikojen A- ja B-luokittelu	36
5.3 Työn kohteena olevat viat	37
6 MAHDOLLISET JUURISYYT JA KEHITYSEHDOTUKSET	38
6.1 Paloluukku	38
6.2 Pudotussylinteri ja pudotushaarukka	38
6.2.1 Voimakkaampi pudotussylinteri	39
6.2.2 Tandemsylinteri	40

6.2.3 Lisämomentin saanti kiinnityskohtaa muuttamalla	40
6.2 Työntötangot	42
6.3 Paineilmaletkujen rikkoutuminen	43
6.4 Ylipaineen puute	43
6.5 Vaillinainen huolto ja siivous	44
6.6 Sähkökomponenttien viat	44
7 MANIPULAATTOREIDEN PERUSKORJAUS	46
7.1 Vaihdeettavat komponentit	47
7.2 Korjaukseen pystyviä yrityksiä	48
7.2.1 SKS Group	48
7.2.2 Bosch Rexroth	48
7.2.3 ABB	49
7.2.4 Sintrol	49
7.3 Korjauksen loppusumma	49
8 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	51
9 YHTEENVETO	53
LÄHTEET	55
LIITTEET	
Liite 1. Järjestelmän kokoonpano	
Liite 2. Manipulaattorin nimikkeistö ja nolla- tai lepoasento	
Liite 3. Pudotussondilaitteistojen toimintaperiaate	
Liite 4. Vaihdeettavat komponentit ja niiden lukumäärät	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä haetaan mekaanisia parannusehdotuksia, joilla Ruukin Raahen tehtaan terässulaton konverttereilla käytössä olevien pudotussondilaitteiden toimintavarmuutta saataisiin kasvatettua. Laitteiston avulla suoritettavat happi- ja lämpötilamittaukset antavat mahdollisuuden suorittaa suorakaatoja, joiden avulla konverttereiden tuottavuutta ja kestävyyttä voidaan lisätä. Nykyisin toimintavarmuuden taso on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin asetettu tavoitearvo.

Tavoitteena on löytää juurisyy häiriökoodille 6 eli mittauksen epäonnistumiselle sekä mahdollisten kehitysehdotusten löytäminen sondin pudotussylinterin ja pudotussondilaitteiston paloluukun muutoksille. Juurisyysiksi kutsutaan syytä, joka on löydetty toistamalla tarpeeksi montaa kertaa sana ”miksi” vian etsimiseksi ja pyrkimällä sitä kautta koko ajan lähemmäs vian alkuperää. Sen voidaan katsoa löytyneen tilanteessa, jossa miksi-kysymykselle ei enää saada vastausta. Toimivilla muutoksilla laitteiston toimintavarmuutta saataisiin mahdollisesti nostettua ja tuotannolle kertyvien säästöjen suuruutta kasvatettua.

Nykyisen toimintavarmuuden heikkous lisää kunnossapidon kustannuksia lisääntyneinä materiaaleina ja miestyötunteina. Lisäksi on huomioitava tuloksettomien mittauksen tuottaneen sondin hinta. Huomiotta ei sovi jättää häiriötilanteen aiheuttamia kustannuksia tuotannossa sekä häiriön vuoksi käsin suoritettavasta mittauksesta aiheutuvia lisäkustannuksia.

2 RAUTARUUKKI OYJ

Rautaruukki Oyj, eli lyhyemmin Ruukki, on vuonna 1960 perustettu suomalainen pörssiyhtiö, jonka johtoon kuuluvat toimitusjohtaja, hallitus ja konsernin johtoryhmä. Se toimittaa metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä sekä kokonaistoimituksia ja on erityisesti erikoistunut teräkseen ja teräsrakentamiseen, joihin pyritään energiatehokkailla teräsratkaisuilla. Ruukki työllistää noin 30 maassa noin 8 600 työntekijää, ja sen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. (1; 2.)

Vuonna 2012 Ruukin konepajaliiketoiminta yhdistettiin Komasin kanssa uudeksi Fortaco-yritykseksi. Toukokuun alussa vuonna 2013 rakentamisliiketoiminta Ruukki Construction jaettiin Rakentamisen tuotteisiin, Ruukki Building Products, sekä Rakentamisen projekteihin, Ruukki Building Projects. Samaan aikaan Teräслиiketoiminta Ruukki Metals siirtyi selvemmin painottamaan erikoisteräksiä. Ruukin markkina-asema on vahva sekä Pohjoismaissa että Itä-Euroopassa ja kasvua on haettu muun muassa kasvavien markkinoiden alueilla kuten Kiinassa ja Intiassa. (3.)

2.1 Konsernirakenne

Kolmeen eri organisaatioon jaettu Ruukin konsernirakenne sisältää useaan eri metallialan toimintoon liittyvää tekijää. Ruukki Building Projects eli Rakentamisen tuotteet toimittaa elinkaari- ja energiatehokkaita kuori- ja pohjarakentamisen komponentteja liike-, toimitila- ja teollisuusrakentamiseen sekä satama- ja väylärakentamiseen. Tavallisille kuluttajille on palvelujen tarjoaminen mahdollistettu pientalojen kattotuotteilla sekä -palveluilla. (4.)

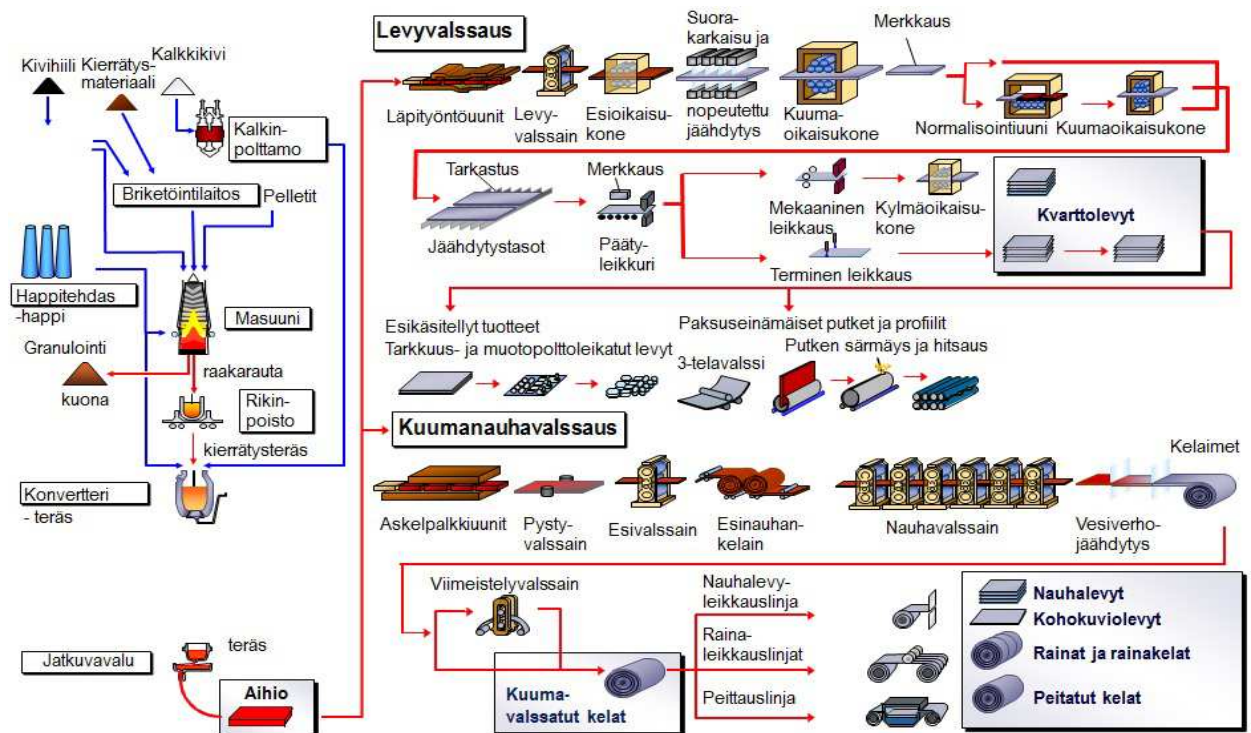
Ruukki Building Projects eli Rakentamisen projektit toimittaa perustus-, runko- ja kuorirakenteita suunniteltuina sekä asennettuina liike-, toimitila- ja teollisuusrakentamiseen. Kolmas Ruukin organisaation osa on Ruukki Metals eli Teräслиiketoiminta, johon Raahan tehdaskin kuuluu. Sen tehtävänä on toimittaa erikoisterästuotteita sekä teräspalvelukeskuksien muodossa toimittaa

terästuotteita ja niihin liittyviä esikäsittely-, logistiikka- sekä varastointipalveluja.
(4.)

2.2 Raahen tehdas

Rautaruukin Raahen tehdas perustettiin yhtiön ensimmäisenä terästehtaana vuonna 1960 ja ensimmäinen sulatus siellä suoritettiin 1.8.1967. Kuumanauhavalssaamo valmistui vuonna 1971. Tavoitteena oli alun perin hyödyntää kotimaisia malmivaroja sekä turvata telakka- ja muun Suomen metalliteollisuuden raaka-aineiden tarve. Nykyisin se on osa Ruukin Teräsliiketoimintaa keskittyen terästuotantoon sekä kuumavalssattuihin terästuotteisiin ja on Ruukin suurin toimipiste työllistäen noin 2 400 henkilöä.
(5.)

Raahen tehtaan teräs valmistetaan kierrätysteräksestä ja tarvittavista raaka-aineista. Monivaiheisen prosessin toteutuminen vaatii useita erilaisia laitoksia, joista suurimpia ovat koksaamo, masuunit, terässulatto sekä valssaamo. Tehtaan lopputuotteina valmistuu kuumavalssattuja nauha- ja levytuotteita sekä prosessin eri vaiheissa syntyviä ja valmistettavia mineraalituotteita. Kuvasta 1 on nähtävissä kaavio Ruukin Raahen tehtaan prosesseista.



KUVA 1. Ruukin Raahen tehtaan prosessikaavio (6)

Raahen tehtaalla valmistetusta normaalin tuotannon 2,8 miljoonasta tonnista terästä toimitetaan 1,2 miljoonan tonnin verran kuumavalssattuina teräslevyinä ja -keloina eri prosessointiyksikköihin, joita ovat palvelukeskukset, putkitehtaat sekä varastot. 100 000 tonnia toimitetaan Hämeenlinnan tehtaalle kylmävalssattuina teräslevyinä ja -keloina jatkokäsiteltäväksi. Metall- ja maalipinnoitettuja teräslevyjä sekä -keloja toimitetaan Hämeenlinnan lisäksi Kankaanpään, Anderslöv'n ja Antrasitin toimipisteisiin 0,7 miljoonan tonnin edestä. Vientiin Raahen tehtaan tuotannosta menee noin 35 prosenttia. (5.)

3 TERÄKSEN VALMISTUSPROSESSI

Terästä voidaan valmistaa käyttäen raakarautaa, kierrätysterästä tai yhdistelemällä niitä. Suurimpana erona raakaraudan ja teräksen välillä voidaan nähdä niiden hiilipitoisuus, sillä masuunissa valmistetun raakaraudan sisältäessä hiiltä 4 - 5 prosenttia on teräksen hiilipitoisuus noin prosentti. Terästä valmistettaessa saavutetaan haluttu hiilipitoisuus polttamalla ylimääräistä hiiltä eli mellottamalla rautaa. Toisena tärkeänä asiana teräksen valmistusprosessissa voidaan pitää pyrkimystä alentaa raakarautaan malmista liuenneiden teräkselle haitallisten aineiden pitoisuuksia. Tähän pyritään siten, ettei teräksen sallita sisältää yhtä paljon haitallisia aineita kuin raakarautaa sisältää. (7, s. 34.)

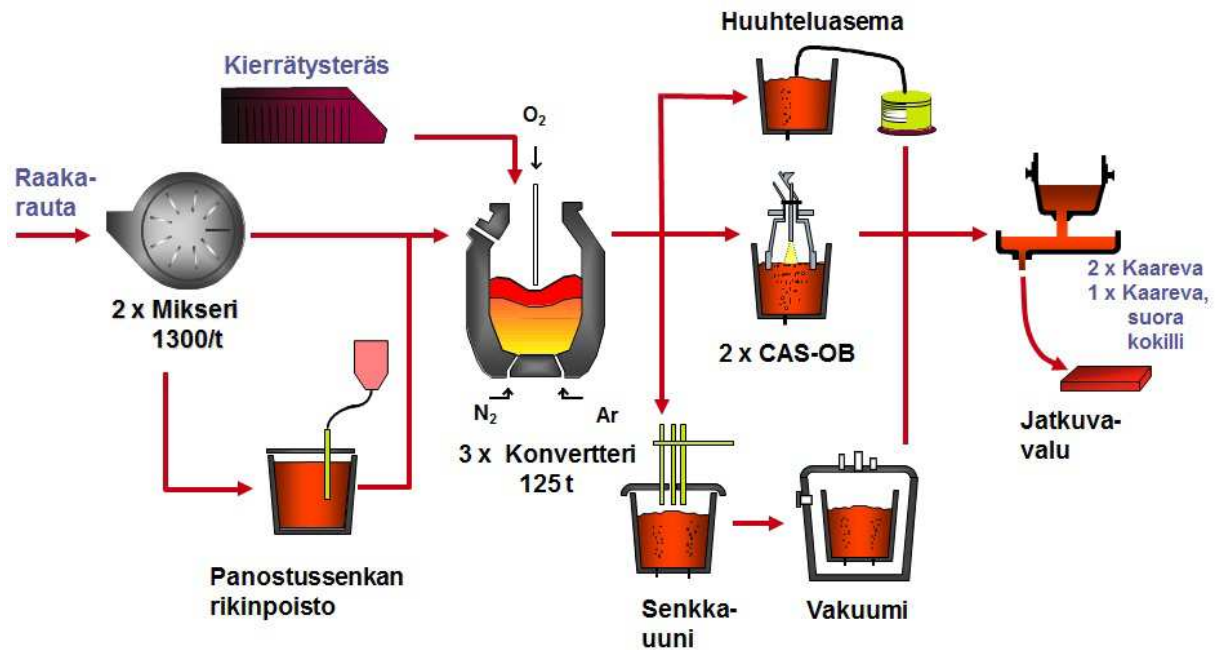
3.1 Prosessin eteneminen

Mellotuksen aikana raudan hiili reagoi sulaan tuodun puhtaan hapen kanssa muodostaen prosessissa poistuvaa CO-kaasua. Tätä tapahtumaa kutsutaan myös happipuhallusprosessiksi tai reaktioastiansa mukaisesti konvertteriprosessiksi. Konvertteri on sylinterinmuotoinen, ylöspäin suippeneva ja ylhäältä auki oleva astia, jonka ulkokuori on valmistettu teräksestä ja joka on vuorattu sisältä tulenkestävällä vuorauksella. Mellotus lähtee käyntiin kierrätysteräksen sekä sulan raakaraudan panostuksella konvertteriin. (7, s. 34.)

Sulan raakaraudan sekä kierrätysteräksen lisäksi konvertteriin lisätään poltettua kalkkia ja mahdollisia fluksiaineita. Happipuhalluksesta syntyvän happivirran ja mellotuksen vaikutuksesta kehittyvän CO-kaasun vaikutuksesta syntyy emulsio, joka muodostuu sulasta kuonasta, rautapisaroista sekä kaasusta. Puhalluksen aikana syntyvät reaktiot ovat nopeita ja rajuja, ja niiden aikana lämpötila nousee hyvin nopeasti. Aluksi muodostuu piioksidia (SiO_2) piin hapettuessa, jolloin myös mangaania ja jonkin verran rautaa hapettuu. Mangaani- ja rautaoksidit edistävät kalsiumoksidin (CaO) liukenemista ja kuonan syntymistä. (7, s. 35.)

Kalkin merkitys prosessiin on hyvin suuri. Sen avulla kuonasta saadaan emäksistä, jolla mahdollistetaan haitallisten epäpuhtauksien kuten fosforin ja rikin siirtyminen kuonaan. Kuonan emäksisyys saadaan aikaan lisäämällä kalkkia niin kauan, kunnes lopullisessa kuonassa kalkin ja piioksidin painosuhte on vähintään 3. Vasta piin hapetuttua on hiilen voimakkaan palamisen aika. Halutun hiilipitoisuuden ja lämpötilan saavutettua voidaan puhallus lopettaa, minkä jälkeen konvertteria kallistetaan ja sula teräs valutetaan konvertterista sen alla olevaan terässenkkaan. Tämän jälkeen konvertteriin jäänyt kuona kaadetaan kuonapataan. Puhalluksen jälkeen saavutettu lämpötila on usein 1 600 - 1 700 °C. Mellotuksen jälkeen terästä seostetaan teräkselle haluttujen ominaisuuksien mukaan. (7, s. 35.)

Ruukin Raahen tehtaan teräksen valmistusprosessin päätavoitteena on laskea raakaraudalle tyypillinen 4 - 5 prosentin hiilipitoisuus teräkselle ominaiselle 0,03 - 0,45 prosentin tasolle sekä seostaa teräs valmistettavan teräslaadun mukaisesti (8, s. 10). Kuvan 2 mukaisesti valmistusprosessi lähtee käyntiin siitä, kun raakarauta saapuu rautateitse masuunilta terässulatolle tulenkestävästi vuoratuissa sulan teräksen kuljetusastioissa eli senkoissa. Näistä senkoista sula raakarauta varastoidaan nostureilla kahteen kapasiteetiltaan 1 300 tonnin mikseriin, joista sitä voidaan tuotannon ohjeiden mukaan panostaa raakarautasenkkoihin.



KUVA 2. Raahen terässulaton prosessikuvain (9)

Panostuksen jälkeen raakarauta kaadetaan nostureilla suoraan tai rikinpoistossa käyneenä yhteen kolmesta konvertterista. Näissä konverttereissa sulaan puhalletaan happea, jolla hiilipitoisuus saadaan laskettua halutulle tasolle. Ennen raakaraudan kaatamista konvertteriin on sinne panostettu tarvittava määrä kierrätysterästä.

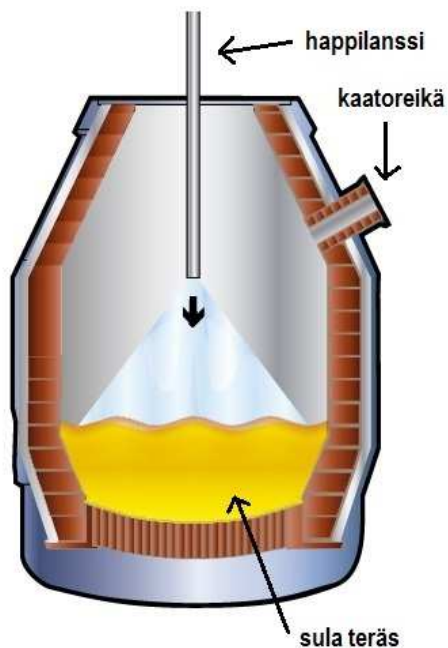
Konvertterikäsittelyn aikana sula rauta, jäähdytysteräs sekä lisätyt aineet prosessoidaan sulaksi teräkseksi. Kun sula teräs on kaadettu konvertterista terässenkkaan, jatkuu sen matka joko senkkauuni-, vakuumi- tai CAS-OB-käsittelyn kautta jollekin kolmesta jatkuvavalukoneesta, jossa siitä valetaan aihio. Aihiota jäähdytetään ja se leikataan polttoleikkauskoneilla haluttuun mittaan. Tästä aihioden matka jatkuu jäähdytys- ja aihiohalliin, josta ne siirretään tarvittaessa jatkokäsittelyyn. Mainittujen käsittelyiden aikana teräkselle suoritetaan erilaisia seostuksia sekä käsittelyitä halutun teräslaadun mukaisesti.

3.2 Konvertterit

Mellotuksessa eli happipuhallusprosessissa käytettävää reaktioastiaa kutsutaan konvertteriksi, joita on kolmea tyyppiä. Konvertterit on nimetty erilaisen

happipuhallusprosessin mukaisesti, jotka on nimetty erilaisen hapen puhallustavan mukaan. Nämä kolme eri menetelmää ovat LD-menetelmä, pohjapuhallus- eli OBD- menetelmä sekä yhdistelmäpuhallusmenetelmä. Näin ollen voidaan menetelmästä riippuen puhua LD-konverttereista, OBD-konverttereista sekä yhdistelmäkonverttereista.

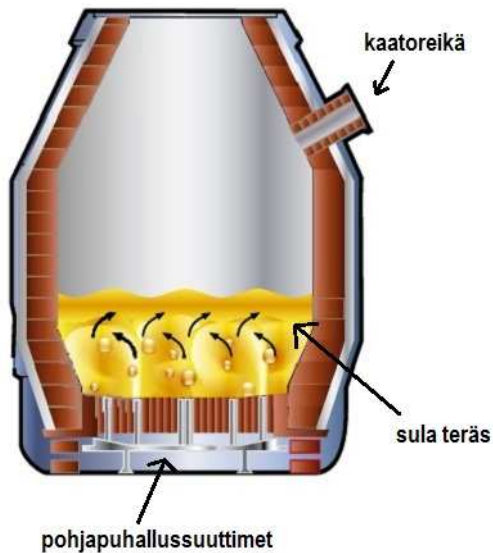
LD-menetelmää voidaan pitää happipuhallusmenetelmien perusprosessina ja konverttereiden perustyyppinä. Menetelmässä happi puhalletaan konvertteriin ylhäältä lasketulla vesijäähdetyllä putkella eli lanssilla, kuten kuvassa 3 on nähtävissä. Kaksinkertaisella äänennopeudella tapahtuva happisuihku suuntautuu sulaan rautaan lanssin päässä sijaitsevista rei'istä, joita on 3 - 6 kappaletta. (7, s. 34.)



KUVA 3. Mallinnus LD-konvertterista (10)

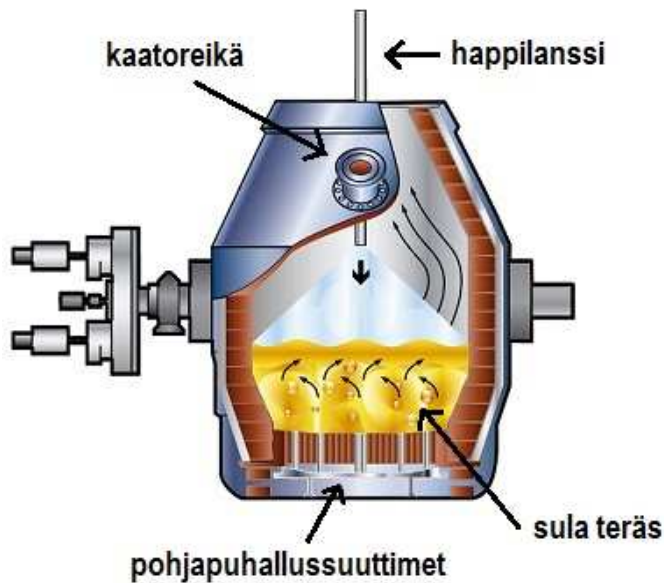
Pohjapuhallus- eli OBM-menetelmässä hapen puhallus tapahtuu konvertterin pohjassa olevien suuttimien kautta. Nämä suuttimet ovat kahden sisäkkäisen putken muodostamia rengassuuttimia. Kuvan 4 mukaisesti hapen puhallus suoritetaan sisäputkesta ja ulommasta raosta puhalletaan hiilivetyä, joka sulaan rautaan joutuessaan hajoaa, krakkautuu ja siten jäähdyttää suuttimen ympäristön. Periaatteeltaan prosessin kulku on samanlainen kuin LD-

menetelmässä, mutta fosforin kuonautuminen on OBM-menetelmässä täydellisempää sulan sekoittumisen vuoksi. (7, s. 34.)



KUVA 4. Mallinnus OBM-konvertterista (10)

Yhdistelmäpuhallusmenetelmässä on hyödynnetty sekä LD- että OBM-menetelmien hyviä puolia ja ikään kuin yhdistetty nämä kaksi menetelmää. Nykyisin on olemassa pohjasuuttimilla varustettuja LD-konverttereita sekä ylälanssilla varustettuja OBM-konverttereita. Nykyaikaiset konvertterit ovatkin yleensä kuvan 5 kaltaisia yhdistelmäkonverttereita, kuten myös Ruukin Raahen tehtaalla sijaitsevat konvertterit.



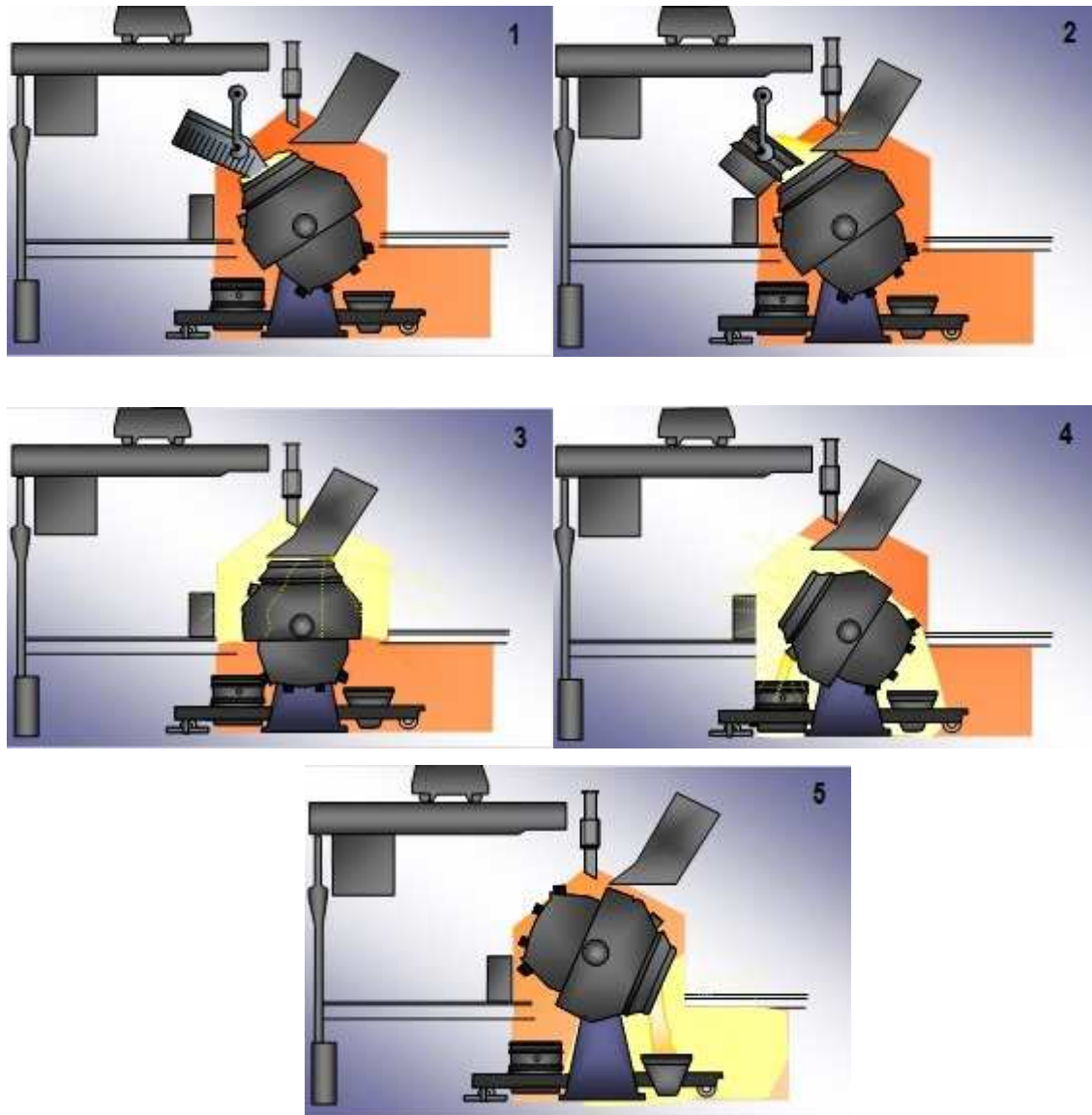
KUVA 5. Mallinnus yhdistelmäkonvertterista (10)

Raahan terässulatolla on kolme yhdistelmäkonvertteria, jotka ovat panoskooltaan 125 tonnia. Yhteensä niillä suoritetaan 20 000 - 21 000 puhallusta vuosittain. Terässulatolun konverttereissa käytetään LD-konverttereiden tapaan ylhäältä laskeutuvaa viisireikäistä happilanssia happipuhallukseen ja lisäksi käytössä on myös pohjapuhallusjärjestelmä. Sen tarkoituksena ei kuitenkaan ole hapen puhallus konvertteriin, vaan argonin ja typen puhaltaminen pohjassa olevista suuttimista. Argonin ja typen puhallusta voidaan kutsua myös pohjahuuhteluksi, jonka avulla pyritään sekoittamaan konvertterissa olevaa sulaa terästä. Tällä pyritään myös parantamaan hapen reagointikykyä konvertterissa, jolloin reaktiota saadaan tehostettua.

Konvertterissa suoritettava prosessi aloitetaan kallistamalla konvertteri, minkä jälkeen sinne voidaan panostaa nostureiden avulla haluttu määrä kierrätysterästä sekä miksereiltä saatua sulaa raakarautaa. Tämä on nähtävissä kuvan 6 kohdissa 1 ja 2. Kun panostukset on saatu suoritettua, käännetään konvertteri takaisin pystyasentoon, jonka jälkeen on 15 - 20 minuuttia kestävä happipuhalluksen vuoro, kuten kuvan 6 kohdasta 3 voidaan havaita. Puhalluksessa saavutetaan noin 1 600 - 1 750 °C:n loppulämpötila.

Puhalluksen loputtua suoritetaan tavallisesti käsin tehtävä näytteenotto. Tämän jälkeen konvertteria kallistetaan niin, että sulaa terästä saadaan valutettua konvertterin kyljessä olevasta kaatoreiästä alla olevaan terässenkkaan. Sulan teräksen pintaan muodostuneen kuonan joutuminen terässenkkaan on estetty kuonastopparilla, joka estää kuonan kulkeutumisen havaittuaan sen.

Stoppari toimii kuonakameran sekä kuonanilmaisimien avulla. Havaittuaan kuonaa tulevan kaatoreiälle, ryhtyy kuonastoppari puhaltamaan kaatoreiän suulle typpeä 13 baarin suuruisella paineella pidättäen kuonan kaasun paineella konvertterin sisällä. Tapahtuman jälkeen konvertteri kallistetaan vastakkaiseen suuntaan, jolloin kuona pääsee valumaan pois kuonaseenkaan vastakkaisella puolella olevan tyhjennysaukon kautta. Sulan teräksen sekä kuonan kaatovaiheet nähdään kuvan 6 kohdissa 4 ja 5. Tämän avulla varmistetaan valmistettavalle sulalle teräkselle vaadittava laatu ja puhtaus.



KUVA 6. Konvertteriprosessit: 1. konvertteriin panostetaan kierrätysterästä nosturin avulla, 2. sulan raudan panostamista kierrätysteräksen päälle, 3. konvertterin happipuhallus, 4. sulan teräksen kaato valusenkkaan, 5. kuonan kaato kuonaseenkaan (11)

3.3 Konvertterin happi- ja/tai lämpötila-arvojen mittaaminen

Työn aiheena olevaa pudotussondilaitteistoa käytetään konvertteriprosessin puhalluksen loppuvaiheessa tai puhalluksen jälkeen sen mukaan, mitä tietoja konvertterista halutaan mitata. Suoritettaessa suorakaato käytetään sondimittauksessa happi-lämpötilasondia, jolloin mittaus tapahtuu puhalluksen jälkeen. Tässä tilanteessa happipuhallus on päättynyt, jonka vuoksi seoksesta

voidaan mitata happipitoisuus sekä lämpötila, joiden avulla voidaan päätellä muita teräksen ominaisuuksia. Mittaustulokset kulkeutuvat suoraan ohjaamoon, jolloin tulosten vaikuttaessa hyviltä voidaan kaato suorittaa ilman erillistä käsin tehtävää näytteenottoa.

Normaalikaadon ollessa kyseessä, mitataan sondilaitteistolla vain lämpötila, joka tehdään happipuhalluksen loppuvaiheessa. Tämän jälkeen konvertterit joudutaan kallistamaan käsinäytteenottoa varten, minkä jälkeen sulasta teräksestä otettu näyte toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Saatujen tulosten perusteella kaato on mahdollinen, mikäli tulokset vain ovat halutut.

Lämpö- ja/tai happiarvojen mittaamiseen on mahdollista käyttää pudotussondilaitteiston lisäksi myös lanssimenetelmää. Lähimpänä tällainen laitteisto on käytössä SSAB:n Luulajan tehtaalla (12). Toimintaperiaatteena lanssimittauksessa on sama kuin pudotussondilaitteistoa käytettäessä, mutta mittaus suoritetaan käyttämällä lanssilaitteistoa.

Lanssilaitteiston käyttäminen vaatii pudotussondilaitteistoa suuremmat investoinnit, sillä käytettävä laitteisto on kooltaan suurempi ja monimutkaisempi. Lisäksi vanhaan ympäristöön tehtävät muutostyöt sijoitusta varten aiheuttavat mahdollisia muutoksia ympäröiviin laitteisiin. Uuteen ympäristöön sijoitettaessa lanssilaitteisto on kilpailukykyinen vaihtoehto, mutta liitettäessä vanhaan ympäristöön on pudotussondilaitteisto investoinniltaan halvempi vaihtoehto.

4 PUDOTUSSONDILAITTEISTO

Pudotussondilaitteisto, josta myöhemmin käytetään myös nimitystä pommisondilaite, on konvertterin happipitoisuuden ja lämpötilan mittaamiseen tarkoitettu laitteisto, jonka toiminta perustuu konvertteriin pudotettavan sondin eli arkikielessä puhutun pommin pudottamisesta sulaan teräkseen. Käytetystä sondista riippuen, mittaa se joko happipitoisuuden ja lämpötilan tai pelkän lämpötilan. Käytettäessä suorakaatoa on pudotussondilaitteistolla suuri merkitys, minkä vuoksi niitä on jokaiselle kolmelle konvertterille omansa ja niiden toimintavarmuuden tulisi olla hyvällä tasolla.

Mittauksia suoritetaan Ruukin Raahan tehtaalla vuosittain yhteensä noin 33 000. Käytettävät pudotussondilaitteet ovat Heraeus Electro-Niten valmistamia QuiK-Tap -pudotussondilaitteistoja, jollainen on nähtävissä kuvasta 7.



KUVA 7. Pudotussondilaitteiston manipulaattori kunnossapitohenkilöstön verstaalla määräaikaishuollossa

4.1 Heraeus Electro-Nite

Heraeus Electro-Nite on ollut sulan metallin mittateknologian markkinajohtaja 1950-luvulta lähtien. Heraeus on saksalainen yli 13 000 henkeä työllistävä yritys ja Electro-Nite sen antureihin sekä sulaan metalliin erikoistunut yksikkönsä. Sen tuotteisiin kuuluvat mm. integroidut mittajärjestelmät, anturit sekä erilaiset oheislaitteet teräs-, rauta-, alumiini- ja kupariteollisuuden tarpeisiin. (13.)

4.2 Pudotussondilaitteen käyttö

Pommisondilaitteelle löytyviä sondityyppejä on olemassa kahta erilaista. Kahden erilaisen sondin lisäksi Ruukilla on käytössä kahden eri valmistajan, Heraeus Electro-Niten sekä Mekinorin, valmistamia sondejia. Sondien tyypit voidaan luokitella sen mukaan, mitä niiden avulla mitataan. Lämpötilan mittaukseen käytettävillä sondeilla voidaan mitata vain konvertterissa olevan sulan teräksen lämpötila, mutta ne ovat kuitenkin yleisempiä. Toinen ja vähemmän käytetty sondityyppi on lämpötilan sekä hapen määrän mittaukseen tarkoitettu sondi. Sen avulla saadaan tieto myös teräkseen liuenneesta hapen määrästä. Tämän arvon avulla on mahdollista päätellä sulan teräksen muitakin arvoja, kuten esimerkiksi hiilipitoisuutta.

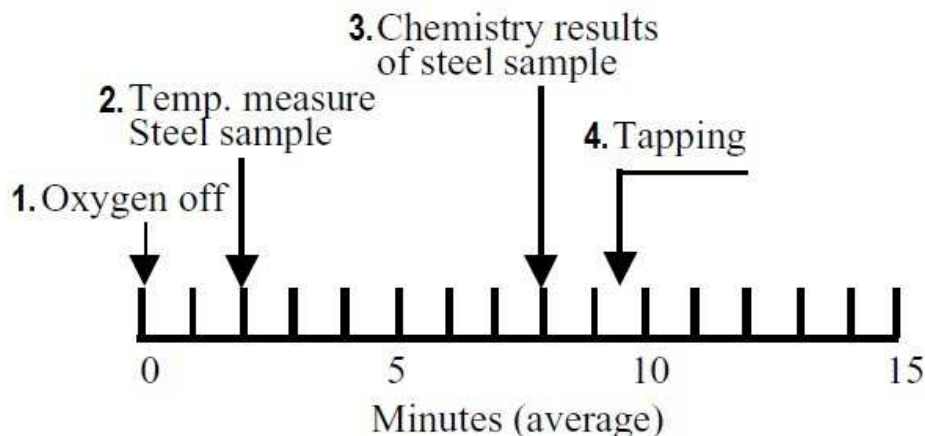
Tuotannon kannalta tärkeiden suorakaatojen hyödyntäminen on mahdollista käyttämällä happi-lämpötilasondia, sillä sen avulla saadaan kaadon mahdollistamat arvot selville ilman erillistä käsin suoritettavaa näytteenottoa sekä laboratoriossa tehtävää tutkimusta. Tämä on kuitenkin mahdollista vain onnistuneen happi-lämpötilamittauksen avulla.

Pommisondilaitteella tehtävä mittaus suoritetaan konvertteriprosessiin kuuluvan puhalluksen loppuvaiheessa, kun puhallus on vielä käynnissä. Saatavien tietojen perusteella voidaan puhallusta vielä jatkaa lämpötilan ollessa liian alhainen tai terästä jäähdyttää pohjapuhalluksen tai lisääaineiden avulla.

Konverttereista suoritettavat kaadot ovat normaalikaato sekä suorakaato. Normaalikaadossa käytetään lämpötilasondia ja sen suorittamiseen tarvitaan käsin suoritettava näytteenotto, jonka tulokset tulkitaan tehtaan laboratoriossa.

Itse prosessi tapahtuu siten, että pommisondilaitteelle annetaan mittauskäsky, jonka jälkeen se pudottaa mittaussondin sulaan teräkseen 15 sekunnin ajaksi. Mittauksen aikana sondin tulee toimittaa järjestelmään tietoa sulan teräksen lämpötilasta, jonka perusteella voidaan tehdä päätös jäähdyttämisestä tai lämmittämisestä. Sulan teräksen ollessa liian kylmää voidaan sitä lämmittää lisäämällä puhallukseen käytettyä aikaa tai seostamalla siihen ferropiitä. Mikäli teräs on liian kuumaa, lisätään siihen lisäainetta tai -aineita, jotka laskevat lämpötilaa. Näitä ovat tavallisesti kalkki ja pelletti.

Kun sopiva lämpötila on saavutettu, suljetaan happiventtiili ja kallistetaan konvertteria käsin suoritettavaa näytteenottoa varten. Se suoritetaan konvertteritasolta ottamalla konvertterista näytteenottosondilla pieni määrä sulaa terästä, joka jähmettyy näytemuottiin. Saatua näyte lähetetään putkipostin avulla laboratorioon, josta saadaan tulokset noin viiden minuutin kuluessa. Saatujen tulosten perusteella voidaan antaa käsky suorittaa sulan teräksen kaato alla olevaan terässenkkään. Tämä on nähtävissä kuvasta 8.

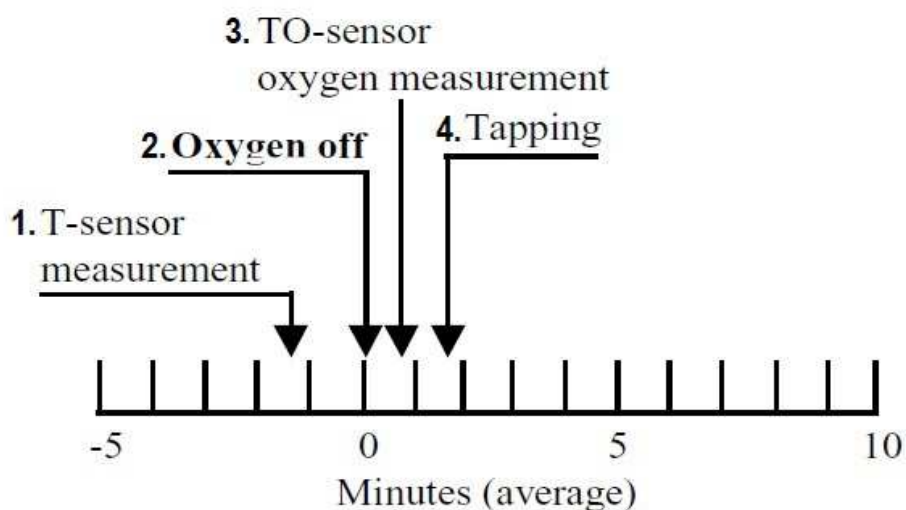


KUVA 8. Normaalikaadon vaiheet: 1. hapen sulkeminen eli happipuhalluksen lopetus, jota ennen on suoritettu lämpötilanmittaus pudotussondilaitteistolla, 2. käsin tehtävä lämpötilan mittaus ja näytteenotto, 3. tulosten saapuminen, 4. kaato (14)

Suorakaatoa käytettäessä on mittausprosessi hieman erilainen normaalikaatoon verrattuna. Sitä pyritään käyttämään mahdollisimman usein ajan säästön vuoksi, mutta joillekin teräslaaduille sitä ei ole mahdollista käyttää.

Tällaisia teräslaatuja ovat muun muassa sellaiset, joiden valmistukseen on käytetty kierrätysromua, joka ei kunnolla pala konvertterissa, tai valmistettavan teräslaadun vaatiessa tiukkoja analyysirajoja.

Mittausprosessin suorittaminen on suorakaadossa normaalikaadon kaltainen (kuva 9), eli puhalluksen loppuvaiheessa sulaan teräkseen pudotetaan lämpötilaa mittaava sondi. Puhalluksen jälkeen sinne kuitenkin pudotetaan myös happea ja lämpötilaa mittaava sondi, jolloin käsin suoritettavaa näytteenottoa ei tarvitse tehdä. Sondin mittaamien tietojen perusteella saadaan tieto sulan teräksen lämpötilasta sekä siihen liuenneesta hapen määrästä, josta voidaan arvioida muitakin arvoja. Tulosten ollessa määrättyjen arvojen sisällä voidaan konvertterista suorittaa suorakaato.



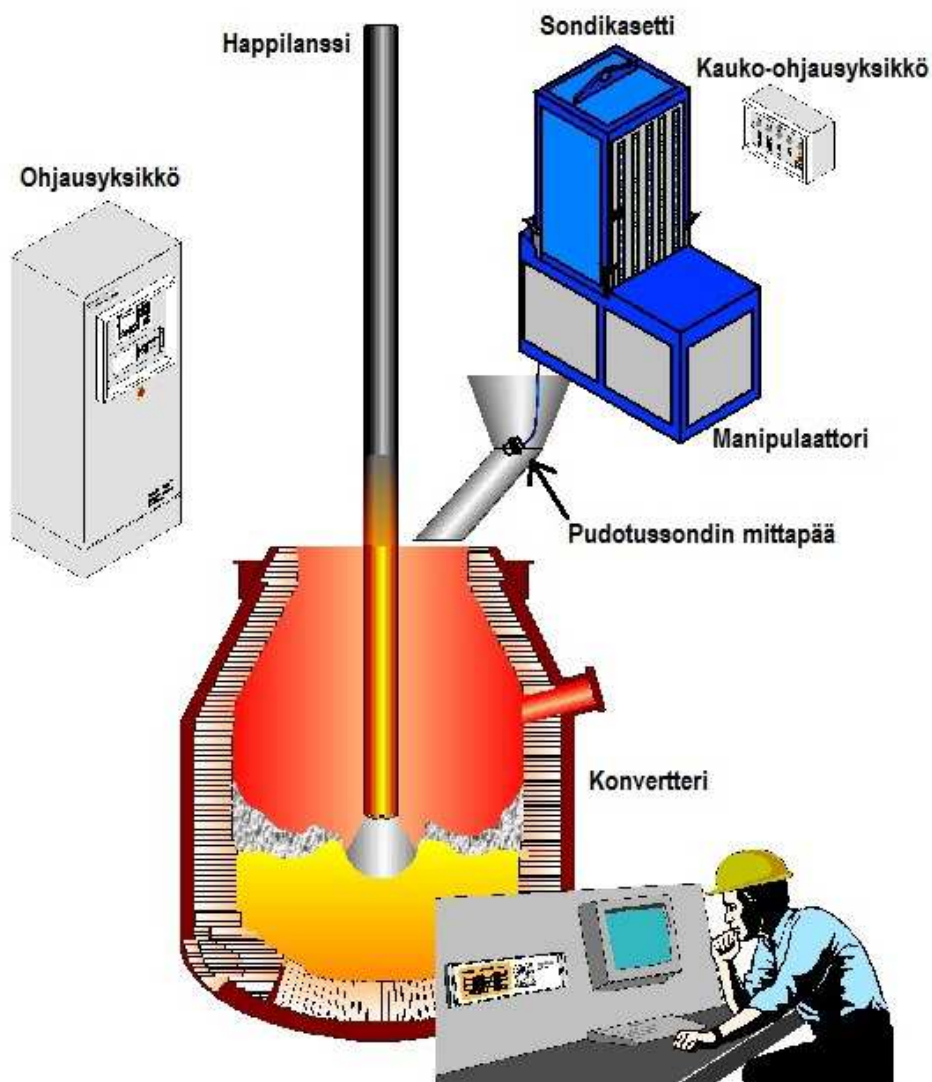
KUVA 9. Suorakaadon vaiheet: 1. lämpötilan mittaus pudotussondilaitteistolla, 2. hapen sulkeminen eli happipuhalluksen lopetus, 3. hapen ja lämpötilan mittaus pudotussondilaitteiston avulla, 4. kaato (14)

Onnistuakseen suorakaato vaatii onnistuneen mittauksen ja teräsanalyysin aineiden seosrajojen väljyyden. Suorakaadon onnistuessa saavutetaan sillä suurta ajallista säästöä. Normaalikaatoa käytettäessä puhalluksen loppumisen ja kaadon välisen lähes kymmenen minuutin ajanjakso voidaan suorakaadon avulla suorittaa jo parissa minuutissa. Tämä ajansäästö selittyy konvertterin kallistuksen, käsin suoritettavan näytteenoton sekä tulosten analysoinnin jäädessä pois.

Suorakaadon avulla saadaan yhden kaadon kestoa lyhennettyä parhaassa tapauksessa yli viisi minuuttia. Rahallista hyötyä saadaan ajan säästymisen lisäksi vuorauksen kestävyys paranemisella sulan teräksen seisonta-ajan lyhentyessä. Lisäksi pienten huoltotoimenpiteiden suorittaminen mahdollistuu, jolloin tuotannon joustavuutta pystytään parantamaan.

4.3 Pudotussondilaitteiston komponentit

Heraeus Electro-Niten valmistamalla QuiK-Tap -pudotussondijärjestelmällä on useita toiminto-osasia, joiden tarkoituksina ovat mittaussondien käsittely, tietojen kerääminen, mittauksen visualisointi sekä tiedonsiirto muiden järjestelmien kanssa. Näihin toimintoihin vaikuttavia ja siten tärkeitä osia pudotussondilaitteessa ovat kuvasta 10 nähtävät manipulaattorin keskusyksikkö eli ohjausyksikkö, mittausyksikkö, manipulaattori, kauko-ohjausyksikkö manipulaattorille, sondikasetti sekä itse sondit. Lisäksi liitteestä 1 on nähtävissä pudotussondilaitteiston muodostavien yksiköiden liitännöitä.



KUVA 10. Pudotussondilaitteiston yksinkertaistettu toimintakokonaisuus (15)

Laitteiston sydän on manipulaattorin ohjausyksikkö, jonka tehtävänä on huolehtia kaikista ohjaustoimenpiteistä Multi-Labin sekä manipulaattorin välillä. Sen integroitu käyttöpaneeli antaa käyttäjän operoida toimintoja graafiselta näytöltä ja mahdollistaa integroinnin käyttäjän omaan prosessijärjestelmään.

Multi-Lab on mittausyksikkö, jossa kaikki viestit, toimintavaiheet, mittaustulokset sekä muut tiedot on ilmoitettu siihen integroidulla näytöllä selvästi kirjoitettuna. Manipulaattori puolestaan on suunniteltu käsittelemään mittauksiin käytettäviä sondejia. Se suorittaa paineilmasylintereillä sondin käsittelyn, eli sondin lataamisen sondikasetista, sen saattamisen mittausvalmiuteen sekä sondin

pudottamisen mittauskäskyn saatuaan (15, s. 7). Sondikasetti sekä manipulaattori ovat nähtävissä käyttöympäristössään kuvassa 11.



KUVA 11. Pudotussondilaitteiston manipulaattori sekä sondikasetti konvertteri 1:llä

Manipulaattorin kauko-ohjausyksikkö on suunniteltu sijoitettavaksi manipulaattorin välittömään läheisyyteen ja sen avulla voidaan nähdä mahdolliset vikatilanteet punaisesta merkkivalosta sekä antaa manuaalisesti toimintakäskyjä. Kuvan 12 mukaista sondikasettia voidaan pitää välivarastona mittauksiin käytettäville sondeille. Siitä manipulaattori ottaa automaattisesti toimintakäskyn saatuaan sondin (15, s. 7). Ruukin Raahen tehtaan konverttereilla sondikasetti on sijoitettu manipulaattorin päälle, jolloin sondien automaattinen otto on mahdollisimman helppoa. Jokaisella kolmella pudotussondilaitteistolla on oma 75 sondia kattava sondikasettinsa, joka

täytetään manuaalisesti. Täyttö tapahtuu nosturin avulla, jolla nostetaan täysi sondihäkki kasetin läheisyyteen ja sondit siirretään käsivoimin kasettiin.



KUVA 12. Sondikasetti ja etualalla nähtävissä käytettäviä mittaussondeja

Kasetin ja manipulaattorin viidestä linjasta yksi tai kaksi on varattu happilämpötilasondien käyttöön. Jäljelle jäävät kolme tai neljä linjaa ovat lämpötilan mittaukseen käytettäviä sondeja varten. Sondit ovat siis antureita, joita käytetään mittauksiin. Niiden avulla saadaan tietoa lämpötilasta ja hapen aktiivisuudesta. (15, s. 22 - 23.)

Konverttereilla käytettävät sondit tulevat kahdelta eri valmistajalta, Mekinorilta sekä pudotusondilaitteistojen valmistajalta Heraeus Electro-Niteltä. Sondit koostuvat teräksisestä mittapästä, pahviputkesta, kontaktoripästä sekä johdosta. Teräksinen mittapää on kiinni pahvisessa putkessa, kunnes se pudotetaan sulaan teräkseen halutun ominaisuuden mittaamista varten.

Mittapää on kiinnitetty pahviputken sisälle kerittyyn johtoon. Kontaktoripään tarkoituksena on muodostaa kontakti manipulaattorin sisällä sijaitsevan kontaktorin kanssa ja näin välittää mittauksessa saatu tieto ohjaamoon vastaavan työntekijän nähtäväksi.

4.4 Pudotussondilaitteiston toimintaperiaate

Tavallisesti pudotussondilaitteistoa ohjataan ohjaamosta käsin kauko-ohjatulla ohjausyksiköllä, joka hoitaa kaikki ohjaustoimenpiteet ohjausyksikön ja manipulaattorin välillä. Tämän jälkeen manipulaattori käsittelee sondin valmiiksi mittausta varten. Toisena vaihtoehtona kauko-ohjauksen rinnalla on laitteiston käyttö manuaalisesti käsiajolla.

Pudotussondilaitteisto vaatii toimiakseen 6 - 7 baarin käyttöpaineen (15, s. 14). Tätä ei Raahen tehtaan konverttereilta ollut mahdollista löytää paineilmaverkostosta, joten kytkeminen tapahtui paineenrajoittimen avulla typpiverkostoon. Paineilmaverkostosta saatava paine on 5,5 baarin luokkaa, kun taas typpiverkostosta on mahdollista saada 12 baarin paine, joka paineenalentimen avulla saadaan pudotettua 8 baariin. Pudotussondilaitteistolle lopullisesti saatava paine on 6 baarin luokkaa, joka johtuu laitteiston pitkistä liitosputkista. (12.)

Käyttöpainetta laitteisto käyttää paineilmasylintereidensä liikutteluun. Niiden yhteistoiminnalla laite suorittaa siltä vaaditut toimenpiteet eli sondien käsittelyn halutulla tavalla sekä sondin mittapään irrottamisen mittausta varten. Pudotussondilaitteiston suojaksi tarkoitetun paloluukun ohjaaminen tapahtuu myös paineilmasylintereitä käyttäen.

Pudotussondilaitteiston toiminta lähtee liikkeelle siitä, kun se saa ohjaamosta ohjaussignaalin aloittaa mittaus. Saatuaan signaalin mittauksen aloittamiseksi, aloittaa manipulaattori toimintansa sondin pudottamiseksi.

Alkuasentoa eli tilannetta ennen ohjaussignaalin saapumista kutsutaan nolla-asennoksi ja sitä voidaan lähteä tarkastelemaan liitteen 2 sekä 3 avulla. Saatuaan ohjaussignaalin, vetää manipulaattori kääntösylinterin (Turn over

cylinder) sisään, jolloin kelkka (Yoke) kääntyy 90°. Tämän jälkeen pääsylinteri (Main cylinder) työntää kelkan ylöspäin ja tietyn linjaston sondien pidikkeet (Sensor locking) aukeavat ja yksi sondi (QuiK-Tap™ Sensor) pääsee putoamaan sondikasetista kelkkaan. Hetken kuluttua kelkka palaa asentoon 2, tällä kertaa sondi mukanaan. Sitten kelkka kääntyy pystysuoraan kääntösynterin työntyessä ulos. (15, s. 9 - 11.)

Seuraavaksi pääsylinteri vie sondin pudotusasentoon, jonka jälkeen kontaktikappale eli kontaktori (Contact block) laskeutuu alas kontaktikappaleen synterin (Contact block cylinder) vaikutuksesta ja tilaisuuden tullen tarkistaa sondin toimivuuden. Laitteiston saadessa pudotusmääräyksen, mittausyksikkö kiinnitetään automaattisesti sondiin ja manipulaattoria suojaava paloluukku aukeaa porttisynterin (Gate cylinder) männän liikkeessä. Pudotussynterit (Drop cylinder) työntää mittauspään sondista irti ja se putoaa alas sulaan teräkseen paloluukun ollessa auki. (15, s. 9 - 11.)

Pudottuaan sulaan teräkseen lähettää mittapää tietoa 15 sekunnin ajan, jonka kuluessa mittauksen on suoriuduttava onnistuneesti. Mittausyksikön ilmoittaessa järjestelmälle mittauksen lopettamisesta, kontaktikappale irtaantuu sondista. Suoritettuaan mittauksen sulaa sondi sulaan teräkseen. Kontaktikappaleen irrottua, pääsylinteri vetäytyy sisään ja loppuosa sondin pahviputkesta putoaa samaan ränniin kuin aiemmin pudotettu mittapää palaen sulassa teräksessä. Pienen viiveen jälkeen pudotussynterit vetäytyy sisään ja paloluukku sulkeutuu. (15, s. 11 - 12.)

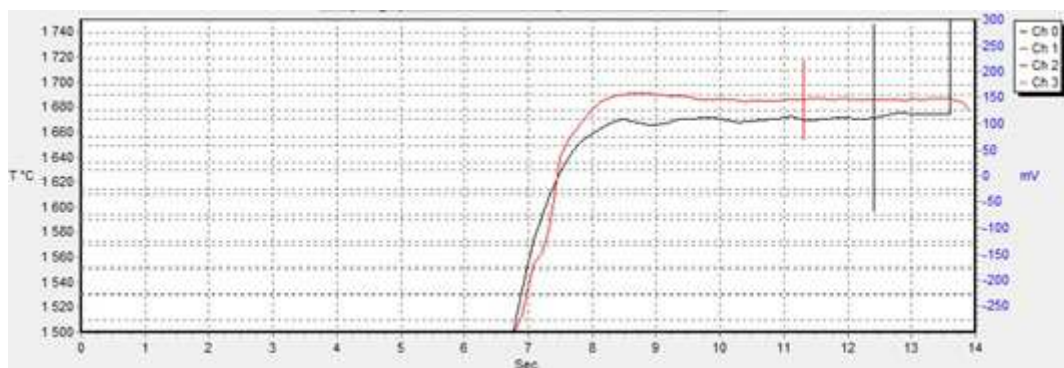
Synterin vetäydyttyä sisään ja portin sulkeuduttua on manipulaattori takaisin nolla-asennossa. Normaalissa tilanteessa sekvenssi lataa tämän jälkeen uuden sondin sondikasetista edellä mainitulla tavalla odottamaan uutta mittauskäskeä. (15, s. 11 - 12.)

Ohjauslogiikka ohjaa mittauksen järjestyksessä jokaisen viiden erillisen linjan kautta halutun sondityypin mukaan. Logiikalle on ohjelmoitu jokaiselle linjalle sondityyppi, joko lämpötila tai happi-lämpötilamittausta varten. (8, s. 26.)

5 PUDOTUSSONDILAITTEISTON HÄIRIÖT JA VIAT

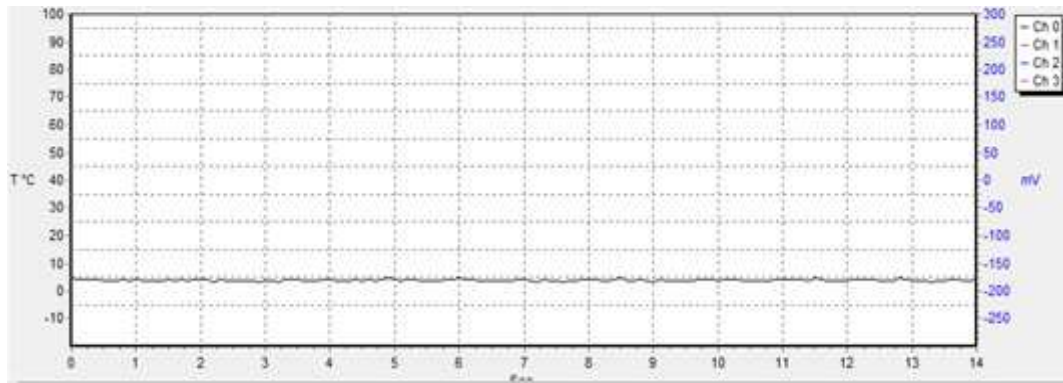
Terässulatolla käytössä olevilla pudotussondilaitteilla suoritettavien mittausten onnistumisprosentti on huomattavasti alhaisempi kuin sen haluttaisiin olevan. Tavoitellun tason ollessa 95 prosenttiyksikköä, on käyttöönottovuoden 2000 ja vuoden 2013 välinen keskiarvo 75 prosenttiyksikön kohdalla johtuen esim. häiriökoodi 6:n aiheuttamista epäonnistuneista mittauksista.

Häiriökoodi 6:lla tarkoitetaan sitä, että pudotussondilaitteisto ei saa pudotetun mittasondin avulla mittaustulosta. Tämän seurauksena mittauksen tuloksena saatava normaalisti alussa nouseva ja lopussa tasaisena säilyvä käyrä jää aaltoilemaan lähtölämpötilansa kohdalle saavuttamatta sulan lämpötilaa. Kuvasta 13 on nähtävissä onnistuneen lämpötila- ja happimittauksen muodostama käyrä, jossa hieman ennen seitsemää sekuntia mittauskäyrä lähtee nousemaan ja kahdeksan sekunnin kohdalla on saavuttanut sulan teräksen lämpötilan.



KUVA 13. Onnistuneen lämpötila- ja happimittauksen käyrä (12)

Häiriökoodi 6:n aiheuttama epäonnistunut mittaus ja sen mukainen käyrä on nähtävissä kuvasta 14. Siinä mittasondin pää ei ole koskaan saavuttanut sulaa terästä ja lämpötila on jäänyt aaltoilemaan lähtölämpötilansa kohdalle.

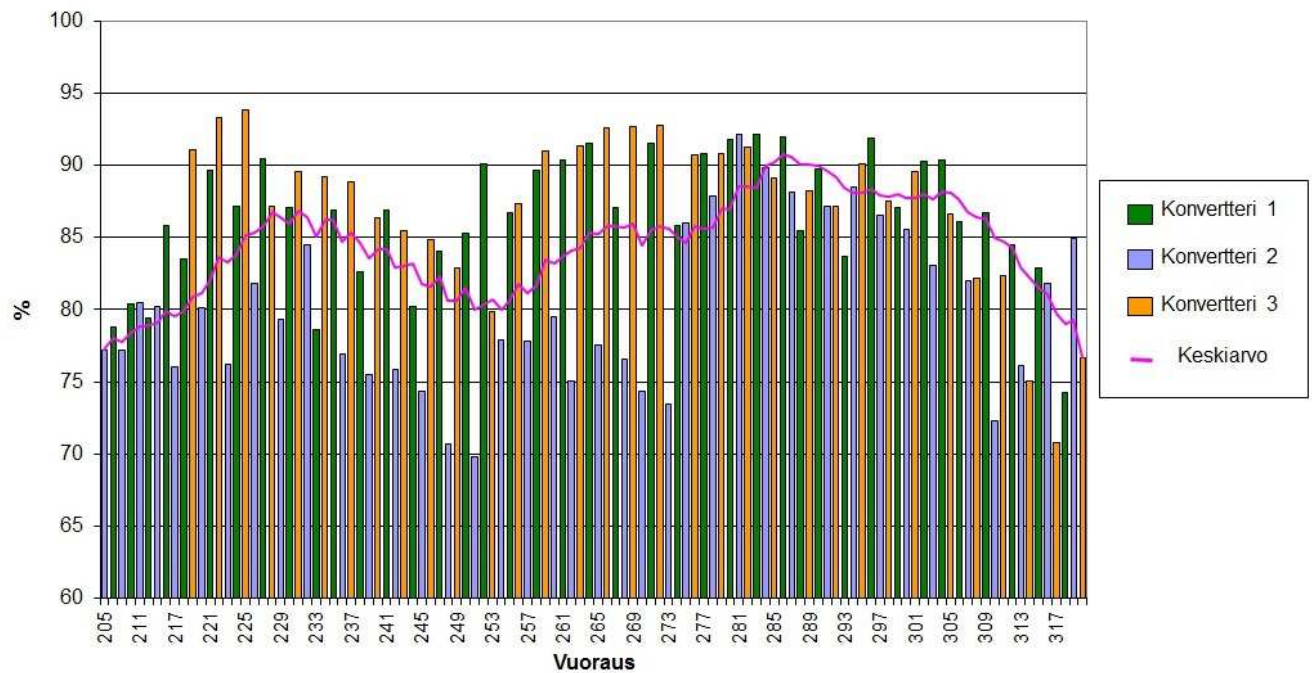


KUVA 14. Häiriökoodi 6:n aiheuttama epäonnistuneen mittauksen käyrä (12)

Onnistumisprosentin vaihteluja on vuosien saatossa ollut huomattavissa sekä vuodesta, vuodenajasta että mittauskohteena olleesta konvertterista riippuen. Täten voidaan katsoa tehtaalla olevien pudotussondilaitteistojen samanlaisuudesta riippumatta, että ne ovat yksilöitä ja toimivat erilaisilla toimintavarmuuksilla.

Kuvasta 15 on hyvin havaittavissa pudotussondilaitteistojen toimivuuden aaltoilu vuosien aikana. Konvertteri 3:lla on nähtävissä alkuvuosien aikana paras toimivuus, kun taas konvertteri 2:lla se on huomattavasti alhaisempi. Siirryttäessä lähemmäs tätä hetkeä, ovat eri konverttereilla suoritettujen mittausten onnistumisprosentit hieman tasaantuneet, ja jopa vaihtuneet toisin päin keskenään, keskiarvon kuitenkin heikentyessä. Varmoja syitä toimivuusprosenttien muutoksiin on hankala löytää, sillä aiheuttajia voi olla samanaikaisesti useita. Mahdollisia aiheuttajia ovat pudotusrännin kääntö konvertteri 2:n kohdalla tai pudotussondilaitteistojen sekoittuminen eri konverttereiden kesken eli ennen toimiva laitteisto on siirretty toiselle konvertterille heikommin toimineen tilalle esimerkiksi vikatilanteen vuoksi.

Pudotussondin toimivuus vuorauksittain
puhalluksen aikainen mittaus



KUVA 15. Puhalluksen aikaisen pudotussondimittauksen toimivuus vuorauksittain käyttöönotosta lähtien (16)

Vuosittain suoritettavien 33 000 mittauksen kokonaisarvo on noin 1,5 miljoonaa euroa yhden mittaussondin keskihinnan ollessa noin 46 euroa riippuen siitä, mitataanko sillä happi- ja lämpötilarvoja vai vain pelkkää lämpötilaa. Nykyinen toimintavarmuuden taso aiheuttaa sen, että noin 25 prosenttiyksikköä käytetyistä sondeista on tavallaan käytetty turhaan mittauksen epäonnistuttua. Toimintavarmuuden tason saavuttaessa tavoitellun 95 prosenttiyksikön rajan, olisivat saavutetut säästöt pelkästään sondien osalta noin 300 000 euron suuruiset.

Pudotussondilaitteet eivät ole konvertterikohtaisia, vaan niitä on vuosien saatossa vaihdeltu konvertterilta toiselle. Tämä johtuu siitä yleisestä käytännöstä, että konvertterin ollessa muurauksessa on sen pudotussondilaitteisto kunnossapitohenkilöiden verstaalla huollossa. Tarpeen vaatiessa, kuten laiterikon sattuessa, on tämä laitteisto mahdollista ottaa käyttöön toisella konvertterilla. Näin ollen konvertterin ei tarvitsisi hetkeäkään toimia ilman pudotussondilaitteistoa.

5.1 Vikojen ryhmittely

Joonas Harju on vuoden 2013 keväällä valmistuneessa opinnäytetyössään *Konvertterin pudotussondilaitteiston käyttövarmuuden parantaminen* kerännyt tietoa Ruukin Raahan tehtaan pudotussondilaitteistoista ja tehnyt niiden perusteella vikapuumallin laitteiston vioista sekä niiden juurisyistä (8, s. 46 - 49). Tämän perusteella viat on mahdollista jaotella mekaanisiin vikoihin, sähkövikoihin, pneumaattisiin vikoihin, sondeja koskeviin vikoihin sekä muihin vikoihin.

5.1.1 Mekaaniset viat

Mekaaninen vika lienee yleisin vikaantumismuoto, joka laitteistoissa on havaittavissa. Tähän ryhmään ovat luettavissa paloluukkuviat, sondin käsittelykelkan toimintaan liittyvät viat sekä muut mekaaniset viat.

Paloluukkuvialla useimmiten tarkoitetaan paloluukun aukeamiseen tai sulkeutumiseen liittyviä vikoja. Vian voidaan katsoa aiheutuvan puutteellisesta pölytiiviyydestä, sondin tai sen osan jäämisestä luukun väliin tai yksinkertaisesti laitteen ikääntymisestä. Paloluukkuvikojen seurauksia ovat puutteellinen pöly- ja palotiiveys sekä mahdollinen häiriötila.

Sondin käsittelykelkan toimintaan liittyviin vikoihin katsotaan kuuluvan tilanne, kun kelkka ei liiku tai sen liike on takertelevaa ja hidasta. Aiheuttajana vialle voidaan pitää samoja asioita kuin paloluukkuviallekin eli puutteellista pölytiiveyttä sekä laitteen ikääntymistä. Myös kelkan liikkeisiin vaikuttavien sylintereiden toiminnassa voi olla ongelmia. Seurauksena viasta on yleensä häiriötila sille linjalle, jolla vikaantunut käsittelykelkka sijaitsee.

Muita mekaanisia vikoja ovat muut pudotussondilaitteiston sisällä tapahtuvat jousiohjainten sekä pudotuskynsien viat. Kuten aiemmissakin, syynä voi olla puutteellinen pölytiiveys sekä käyttöikä. Mahdollista on sondin valmistusvirhe tai huoltojen puutteellisuus. Seurauksena syntyy häiriötila vikaantuneen linjan kohdalle.

5.1.2 Sähköviat

Päivittäin ilmenevät sähköviat tuovat oman osansa laitteistoihin liittyviin vikoihin. Niiden syitä on usein hankala saada selville, mutta seurauksena tapahtuva yhteysvirhe on helposti havaittavissa. Se ei kuitenkaan pysäytä laitteen toimintaa, vaan aiheuttaa osittaisen häiriötilan. Tällöin laitteen käyttäminen on edelleen mahdollista. Vaikka vian aiheuttajaa ei aina ole tiedossa, on yksi olettamisen aiheinen yleinen syy päivityksen yhteydessä järjestelmään jäänyt ohjelmointivirhe. Sen aiheuttama ongelma saadaan kuitenkin kuitattua laitteiston resetoinnilla eli palauttamalla laitteisto tehdasasetuksiin.

Yhteysvirheen lisäksi muita sähkövikoja ovat vialliset johdot, tuloyksikköviat, ohjauspaneelin kytkimien viat sekä kontaktin puute sondiin. Kontaktin puute on ohjelmointivirheen rinnalla yleinen vika ja se johtuu joko sondin väärästä asennosta tai pudotussondilaitteistossa olevan kontaktorin häiriöstä. Pääasiallisena syynä sähkövioille on mahdollista pitää viallisia päivityksiä tai laitteiden ikääntymistä.

5.1.3 Pneumaattiset viat

Pudotussondilaitteet toimivat pneumaattisilla sylintereillä. Näin ollen sylintereiden toiminta sekä letkujen pitävyys on oleellinen osa laitteiden toimintaa. Valitettavasti pneumaattisia vikoja on kuitenkin havaittavissa lähes päivittäin.

Yleisin syy pneumaattisen vian syntymiseen on pneumatiikkaletkujen pitämättömyys. Usein ne vuotavat kuluneisuuttaan tai vanhuuttaan, mutta myös liitoksien heikkous sekä letkujen itsenäinen irtoaminen aiheuttavat vian. Pudotusrännistä nousevat kipinät polttavat helposti letkuihin reikiä, jotka sitten aiheuttavat vuototilanteita.

Tärkein syy pneumaattisiin vikoihin ja myös yksi niihin luettava vika on ylipaineen puuttuminen pudotussondilaitteista. Se johtuu laitteiden huonosta huollosta, jolloin niiden tiiveys on päässyt kärsimään ja käytössä aiheutettu paine pääsee purkautumaan pois. Ylipaineen tarkoituksena olisi pitää

pudotusrännistä nousevat kipinät sekä ulkopuolelta tuleva pöly poissa laitteen sisältä, jolloin myös letkujen rikkoontuminen sekä muut niistä aiheutuvat viat vähenisivät.

5.1.4 Sondeja koskevat viat

Tae onnistuneelle mittaukselle on toimiva sondi. Kuten yleensäkin, viallisella tuotteella saadaan harvoin onnistunutta tulosta aikaiseksi. Puhtaasti sondeihin liittyviä vikoja on hankala määrittää niiden aiheuttamien lisävikojen vuoksi, mutta on mahdollista arvioida niiden osuus melko suureksi. Talvella sondien johdot kohmettavat pudotussondilaitteistojen matalan lämpötilan vuoksi niin, etteivät ne oikene tarpeeksi saavuttaakseen sulan teräksen. Myös sondeihin liittyvät valmistusviat ovat mahdollisia, joiden seurauksena esimerkiksi mittapää irtaana liian aikaisin tai sondi ei muuten vain toimi.

5.1.5 Muut viat

Tähän kategoriaan voidaan luokitella kaikki muut viat, jotka eivät syystä tai toisesta sovi muihin jo oleviin jaotteluihin. Usein ne ilmenevät pudotuksen yhteydessä siten, ettei sondi saavuta ollenkaan sulaa terästä tai se menee väärään paikkaan. Tähän on olemassa useita syitä, kuten pudotusrännin tukkeutuminen esimerkiksi skollan vaikutuksesta, sondin putoaminen käynnissä olevaan happisuihkuun, sondin vaurioituminen matkalla sulaan teräkseen, paloluukun jumiutuminen tai paksun kuonakerroksen muodostuminen konvertterissa olevan sulan päälle.

5.2 Vikojen A- ja B-luokittelu

Laitteistossa tapahtuvat viat ja ongelmat voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Ryhmään A sijoittuvat viat, jotka aiheuttavat epäonnistuneen mittaustuloksen. Tieto tästä tallentuu järjestelmään ja aiheuttaa onnistumisprosentin alentumisen. Esimerkkinä tällaisella vialla voidaan pitää sitä, että sondi ei saavuta sulaa paksun kuonakerroksen vuoksi tai sondilla saatu mittauskäyrä on liian epätasainen tuloksen luotettavaan tulkintaan. Toiseen ryhmään eli ryhmä B:hen sijoittuvat muut viat, jotka aiheuttavat häiriön mittausprosessin

ulkopuolella. Nämä viat eivät suoranaisesti vaikuta mittauksen onnistumisprosessiin, mutta osaltaan vaikuttavat laitteen toimintavarmuuteen. Esimerkkejä ryhmän vioille ovat tukokset pudotussondilaitteistossa, paineilmasyntereiden toimintahäiriöt sekä kelkkaan liittyvät ongelmat. (8, s. 35 - 36.)

5.3 Työn kohteena olevat viat

Yhtenä syynä vikanumero 6:n syntymiseen voidaan pitää manipulaattorin oman paloluukun toimivuusongelmia: paloluukku ei toimi oikein tai aukea ollenkaan. Toisin sanoen, kun laitteistolle annetaan käsky pudottaa mittasondi mittausta varten, ei se pääsekään putoamaan laitteiston ulkopuolelle paloluukun pysyessä kiinni aukeamiskäskystä huolimatta.

Mahdollista on myös, että pudotussondilaitteistossa olevat sondin irrotuskynnet eivät toimi oikein ja siten pääse irrottamaan mittapäätä irti sondista. Tällöin mittapää ei saavuta sulaa terästä ja pääse antamaan mittaustulosta.

6 MAHDOLLISET JUURISYYT JA KEHITYSEHDOTUKSET

Opinnäytetyön pääaiheena olevan häiriökoodi 6:n eli mittauksen epäonnistumisen juurisyiksi on mahdollista määrittää useampiakin syitä. Pudotussondilaitteiston paloluukun jumiutuminen jompaankumpaan ääriasentoon tai jääminen puolitiehen aiheuttaa sen, että joko sondin mittapää ei pääse putoamaan sulaan teräkseen tai jo käytetyn pudotussondin pahviputki jää laitteiston sisälle tukkien kyseessä olevan linjan. Näin tapahtuessa häiriötilan on mahdollista tulla ilmi tapahtumattomana mittaustilanteena tai ladattaessa uutta sondia linjalle.

6.1 Manipulaattorin paloluukku

Syynä paloluukun vaillinaiseen tai kokonaiseen toimimattomuuteen voidaan pitää paloluukkuja liikuttavan pneumaattisen sylinterin riittämätöntä toimivuutta johtuen pölystä, rikkoontuneesta paineilmaletkusta tai jonkin esteen asettumisen luukun kulku-uralle estäen normaalin liikkeen. Paloluukun liikkuvuus kärsii hyvin äkkiä, jos sen kulku-uriin tai tielle tulee jotakin sinne kuulumatonta, tässä tilanteessa pölyä tai mittasondin rungosta jääviä pahvin palasia.

6.2 Pudotussylinteri ja pudotushaarukka

Paloluukun toimiessa normaalisti voi syyn katsoa johtuvan mittasondin mittapään pudotuksesta vastaavan pudotushaarukan toimimattomuudesta. Yksi tähän johtava mahdollinen syy on pudotussylinterin riittämätön voima sondin pudottamiseen. Verstaalla huollossa ollutta konetta tutkiessa on sylinterin toimivuutta kokeiltu muutamalla linjalla käyttämällä vanhaa mittasondia, josta mittapää on jo useamman kerran koepudotettu irti. Tässä tilanteessa pudotussylinterin toimivuus oli hyvä ja mittapää irtosi. Tällöin tilanne oli toisaalta lavastettu eikä vastannut pudotussondilaitteiston todellista käyttöympäristöä. Lisäksi käytetty mittasondi oli vanha ja jo usein koeirrotettu eikä uusi. Mahdollista on, että uusissa sondeissa mittapää on tiukemmin kiinni ja vaatii

täten suuremman voiman irrotukseen. Oman lisänsä tuovat toki varsinaisen käyttöympäristön pöly ja kuumuus, joiden vaikutus myös tulisi huomioida.

Pudotussylinterin lisäksi huomiota kannattaa kiinnittää mittapään irrottamisesta vastaavaan pudotushaarukkaan. Sen tarkoituksena on tarttua mittasondissa oleviin uriin ja pudotussylinterin saadessa pudotuskäskyn toimia mittapään irrottajana. Haarukan kärjet ovat muutamassa linjassa osuneet runkoon liikkeessaan ja jättäneet huomattavat jäljet näistä kosketuksista, kuten kuvasta 16 voidaan hyvin nähdä. Toisin sanoen haarukan kärjet ovat jostakin syystä päässeet leviämään. Myös haarukan kärkien muotoa voi kritisoida, mutta itse näkisin niiden kuitenkin olevan kunnossa. Pudotussylinterin rajojen kunto tulisi tarkistaa, sillä ainakin käsin koitettaessa liikkui pudotushaarukka niin, että liian alas mennessään häiritsi se paloluukun normaalia toimintaa.



KUVA 16. Pudotushaarukan jättämiä jälkiä punaisella ympyröitynä

6.2.1 Voimakkaampi pudotussylinteri

Pudotussondilaitteiston linjastojen pudotushaarukoiden toimivuuden parantamiseen olisi olemassa useampi mahdollinen kehityskohde. Laitteistoon ilman suurempia muutoksia suoritettava parannus olisi pudotushaarukkaa liikuttavan sylinterin vaihtaminen suuremman voiman tuottavaan. Tällöin tulee

kuitenkin ottaa huomioon laitteiston sisällä komponenttien liikkuvuus sekä tila ympärillä. Nykyisen sylinterin paikalle vaihdettaessa ei uuden sylinterin ulkomittojen muutos olisi suotavaa, sillä jo muutamankin millimetrin kasvu ulkomitoissa aiheuttaa sylinterin osumisen mittasondiin ja näin linjan häiriintymisen sekä mahdollisen toimimattomuuden.

Yhteydenpidossa Ruukki Metalsin hydraulikka- ja pneumatiikkakomponenteista vastaavaan ostajan sekä erään valmistajan yhteyshenkilön kanssa, kävi ilmi, ettei nykyisen sylinterin ulkomittojen mukaan ole saatavilla suurempaa voimaa tuottavaa yksimäntäistä pneumatiikkasynteriä. Mikäli sylinteriltä haluttaisiin saada suurempaa voimaa, tulisi sylinteriin vaikuttavaa painetta kasvattaa tai männän halkaisijaa suurentaa, joka myös suurentaisi sylinterin ulkohalkaisijaa.

6.2.2 Tandemsylinteri

Toinen mahdollinen vaihtoehto uudeksi pudotussylinteriksi voisi olla tandemsylinteri, jossa sylinterin sisällä on kaksi paineen voimaksi muuntavaa mäntää. Tässäkin tapauksessa sylinterin ulkomitat muuttuisivat eikä se mahtuisi nykyiseen kokoonpanoon ilman muutoksia.

6.2.3 Lisämomentin saanti kiinnityskohtaa muuttamalla

Haettaessa lisää momenttia pudotushaarukalle ja näin ollen lisävoimaa mittapään irrottamiseen, voisi pudotussylinterin kiinnityspistettä haarukkaan muuttaa. Kuvasta 17 on nähtävissä liitoskohta, jossa pudotussylinteri sekä pudotushaarukka liittyvät toisiinsa. Pudotussondilaitteiston sisällä tila on kuitenkin hyvin rajoitettu ja tämä ratkaisu mahdollisesti aiheuttaisi muutosten suorittamisen laitteen runkoon etulevyn osalta. Saavutettava voiman lisääminen jäisi sen verran pieneksi ilman suurempia etulevyn muutoksia, ettei sitä mitä todennäköisimmin kannattaisi lähteä yrittämään.



KUVA 17. Kohdassa 1 sylinterin kiinnittyminen pudotushaarukkaan. Kohdassa 2 kuvaa etulevyn puolelta samasta kohdasta

Samankaltaiseen tilanteeseen jouduttaisiin myös tekemällä mutka pudotussylinterin ja -haarukan välikappaleeseen. Pelkkä etulevyn avartaminen ei todennäköisesti riittäisi vaan rakenteeseen täytyisi tehdä alkuperäisistä mitoista verrattuna erkaneva kotelo, joka suojaisi tehdyt muutokset. Tässä tilanteessa tulisi pudotussondilaitteiston etulevy suunnitella uudelleen ja varmistua, ettei se heikennä laitteiston toimivuutta tai kestävyyttä.

Toinen mahdollisuus lisämomentin saamiseksi voisi olla pudotussylinterin siirtäminen hiukan ylöspäin, jolloin sen kiinnityspistettä pudotushaarukkaan voitaisiin siirtää ja näin saada lisää vipuvartta. Tällöin tulee ottaa huomioon pudotussylinterin ja kontaktoria liikuttavan sylinterin väli, että jääkö siihen tarpeeksi tilaa laitteiston normaalin toimivuuden takaamiseksi sekä se, että riittääkö sylinterin iskunpituus liikuttamaan pudotushaarukkaa tarpeeksi.

Pudotussylinterin voimattomuutta voisi kritisoida, sillä mekaanisen kunnossapidon henkilöiden mukaan sondien mittapäitä roikkuu pudotuspaikalla turhaan eli jostakin syystä laite on pudottanut sondin mittapään ilman syytä. Tämä viittaisi mittauspään löysään kiinnittymisen sondin pahviputkeen eikä siihen, että manipulaattori ei kykene irrottamaan sondin mittapäätä.

6.2 Työntötangot

Pudotussondilaitteiston huollosta vastaavaan kunnossapitohenkilön kanssa puhuttaessa kävi ilmi, että laitteiston kelkan työntötankojen säädöt ovat säännönmukaisesti pielessä joissakin linjoissa joka laitteistolla. Säättöjen vääryys on seurausta kiinnitysmutterin löystymisestä, kuten kuvasta 18 voi nähdä, jolloin myös tanko pääsee pyörimään. Tästä aiheutuu kelkan vääränlainen asettuminen mittasondia asetettaessa pudotusasentoon tai sondin osuminen laitteistossa oleviin sondin pystyssä oloa tukeviin kynsiin pahimmassa tapauksessa upoten niihin. Syy-seuraussuhteen mukaan tämä johtaa mittasondin väärrään pudotusasentoon ja todennäköisesti linjaston häiriöön sen tukkiutuessa tai epäonnistuneeseen mittaustulokseen mittapään jäädessä saavuttamatta sulaa terästä.

Mutterien löystymistä olisi mahdollista estää esimerkiksi käyttämällä kahta mutteria, jolloin toisella mutterilla saataisiin lukittua nykyisin löystymään pääsevä. Mahdollista olisi myös kierrelukitteen käyttö mutterien kiinnityksessä, jolloin nykyisin irtoava mutteri saataisiin asennusvaiheessa lukittua kunnolla kiinni.



KUVA 18. Etualalla nähtävissä kunnolla kiinnittynyt mutteri, taka-alalla punaisella ympyröity löystymään lähtenyt mutteri

6.3 Paineilmaletkujen rikkoutuminen

Merkittävä syy laitteiston toimimattomuuteen on sylintereiden ohjaukseen tarvittavien paineilmaletkujen rikkoutuminen johtuen muun muassa laitteen sisälle päässeistä kipinöistä. Ääritapauksissa ovat letkut kuulemma ”paisuneet kuin ilmapallo” ja tietyn pisteen saavutettuaan räjähtäneet. Tällöin on viereisten letkujen rikkoutuminen mahdollista syntyneiden äkillisten liikahdusten ja voimien myötä.

Letkujen rikkoutuessa järjestelmään syntyy vuotoja eivätkä sylinterit saa tarpeeksi voimaa toimiakseen kunnolla. Näin ollen esimerkiksi paloluukun sylinterin letkun rikkoutuessa, ei luukku sulkeudukaan normaalisti, jolloin pöly ja kipinät saavat vapaan reitin kulkea laitteiston sisälle. Rikkoutuneita paineilmaletkuja on nykyisin tarpeen tullen jo vaihdettukin uusiin ja kestävämpiin.

Ainoa syy paineilmaletkujen rikkoutumiseen eivät kipinät kuitenkaan ole. Paikoitellen letkut ovat sijoitettu siten, että jo pelkkä luukun aukaisu altistaa ne kovalle rasitukselle ja riskille murtua. Kylmillä ilmoilla riskin uskoisi vain vahvistuvan kylmän kangistaessa mahdollisesti jo valmiiksi hauraita letkuja.

6.4 Ylipaineen puute

Ylipaineen sekä vaaditun pursotusilman puuttumisesta johtuva pölyn ja kipinöiden pääsy pudotussondilaitteiston sisälle on vartenotettava syy letkujen rikkoutumiseen sekä sylintereiden ja niiden liikuttamien komponenttien toimimattomuuteen. Kuten äsken jo mainittiin esimerkkinä paloluukun toimimattomuus, ei ylipaineen ylläpidolle ole edellytyksiä. Laitteiston sisälle pääsevät kipinät aiheuttavat tuhoa linjastojen paineilmaletkuille johtaen paineilmasylintereiden heikkoon toimivuuteen. Pölyhiukkaset ovat kokonsa puolesta pieneenkin rakoon pääseviä, jolloin ne kulkeutuvat lähes joka paikkaan aiheuttaen metallien kulumista sekä haitaten komponenttien liikkumista.

Seurausta ylipaineen puuttumiselle on laitteen heikentynyt tiiviys, joka johtuu puutteellisesta/vaillinaisesta huollosta tai laitteiston tiivisteiden heikkoudesta.

Käytön aikana pudotussondilaitteistojen tiivisteet ovat kärsineet, murtuneet sekä mahdollisesti kuumuuden vaikutuksesta sulaneet ja palaneet. Tiiviyyteen vaikuttavat myös manipulaattoria suojaavat luukut, joiden kiinnitys on paikoitellen heikentynyt ja tätä kautta aiheuttaneet ylipaineen puutetta heikon tiiviyyden vuoksi.

6.5 Vaillinainen huolto ja siivous

Pudotussondilaitteistojen valmistaja Heraues Electro-Nite on laatinut ohjeet laitteen huoltoa varten, joiden mukaan laite tulisi puhdistaa viikoittain ja kahden kuukauden välein suorittaa suurempi huolto (15, s. 59 - 60). Käytännössä tähän ei ole päästy lähes ollenkaan. Laitteille suoritetaan noin 2,5 kuukauden välein suurempi huolto konvertterin muurauksen yhteydessä ja tuotannon aikana suoritettavat huollot ovat usein vain pikaisia vikakorjauksia. Suuremman huollon aikana suoritettava huolto tehdään tarkastaen laitteen toiminta ja puuttuen havaittuihin vikakohtiin.

Puhdistus pölystä suoritetaan paineilmalla puhaltaen, kun taas laitevalmistajan ohjeen mukaan puhdistus tulisi suorittaa imuroimalla. Puhaltaessa laitetta puhtaaksi iso osa pölystä lähtee, mutta sitä myös kulkeutuu sellaisiinkin paikkoihin, jossa sitä ei haluttaisi olevan. Näin ollen laitteisto ei saavuta täyttä puhtautta lähes koskaan.

6.6 Sähkökomponenttien viat

Sähköisiin vikoihin lukeutuva, mutta mekaanisia vikoja aiheuttava kohde, on sondin pudotussynteritunnistin. Se antaa käskyn pudottaa sondin pahvirunko suoritettua mittauksen jälkeen sulaan teräkseen. Tunnistimen ollessa rikki laitteisto luulee, että linjasto on vapaa ja ryhtyy lataamaan uutta mittasondia mittauskäskyn saadessaan. Vanhan mittasondin ollessa paikallaan pudotusasennossa ja uutta mittasondia ladattaessa aiheutuu linjalle tukos ja sitä myöten häiriö. Mahdollista on myös tukoksen syntymisen kautta aiheutuva mekaanisten osien rikkoontuminen.

Ainoa mahdollinen vikoja aiheuttava sähköinen komponentti eivät rajatunnistimet kuitenkaan ole. Manipulaattoreiden sähkökomponenttien liitosjohtojen sekä kytkimienkin toiminta on voinut ajan kuluessa heikentyä aiheuttaen vikatilanteiden syntymistä. Liitosjohtojen suojaukset ovat voineet haurastua ja murtua sekä kytkimien liitoksiin on saattanut kerääntyä pölyä ja likaa, jolloin sähköisesti tapahtuva tiedonsiirto on voinut häiriintyä hetkellisesti tai pidemmäksi aikaa.

7 MANIPULAATTOREIDEN PERUSKORJAUS

Pudotussondilaitteistojen manipulaattoreille ollaan suorittamassa peruskorjaukset muutaman vuoden sisällä ja niiden tavoitteena olisi saavuttaa laitteen toimintavarmuudeksi uuden laitteiston lukemat. Peruskorjauksella tarkoitetaan korjaamista, jossa kohde korjataan yhtä hyväksi kuin se oli uutena. Tähän pyrittäisiin vaihtamalla kaikki laitteiston sisäiset komponentit jättäen korjauksen ulkopuolelle vain laitteistojen rungot. Korjaukset olisi tarkoitus ajoittaa siten, että ne olisivat samaan aikaan konverttereiden muurausten kanssa, jolloin konverttereiden ei tarvitsisi toimia ilman suorakaadon mahdollistavaa laitteistoa.

Käytännössä peruskorjauksen suorittaminen vaatisi paineilmasylinterien ja -letkujen, sähköosien sekä muiden komponenttien uusimisen. Se olisi mahdollista suorittaa Heraues Electro-Niten tehtaalla Belgiassa, mutta tässä tapauksessa kustannukset nousisivat melko suuriksi. Täten vaihtoehdoksi muodostuu tehtävän suorittaminen Ruukin Raahen tehtaan omalla korjaamolla tai jollakin kotimaassa toimivalla yrityksellä, jolta löytyisi tietotaitoa peruskorjauksen suorittamiseen.

Mahdollinen ratkaisu olisi myös, että yksi manipulaattoreista huollatettaisiin valmistajan tehtaalla ja loput kaksi tehtaan sisäisesti tai aliurakoitsijan kautta. Tällöin ensimmäisen laitteen valmistuttua voitaisiin siitä tutkia, mitkä osat lopulta vaihdettiin ja mihin. Lisäksi olisi mahdollista tarkastella, onko laitteistoon tehty jotakin sen toimintaan vaikuttavia muutoksia, joita sitten voitaisiin hyödyntää muiden laitteistojen korjauksissa.

Vaikeimpana osuutena peruskorjauksen suorittamisessa voidaan pitää sylinterien rajojen sekä liikkeiden säätämistä. Tämä on tärkeää siksi, että laitteistot toimisivat oikein eivätkä väärät säädöt aiheuttaisi toimintahäiriöitä. Väärin säädettyinä laitteisto mitä todennäköisimmin toimisi miten sattuu ja huonoimmassa tapauksessa sille jouduttaisiin suorittamaan uusi korjaus. Säätämisen lisäksi haasteensa tuovat manipulaattoreiden metalliset osat, joiden itse valmistamiseen tarvittaisiin oikeanlaiset laitteet.

Komponenttien hankinta olisi mahdollista järjestää Rautaruukin toimesta, jolloin suoritettaessa työ aliurakoitsijan avulla voitaisiin ostaa vain pelkkä työ ulkopuoliselta toimijalta. Mahdollista olisi ulkoistaa koko peruskorjaus aliurakoitsijalle, mutta todennäköisesti se nostaisi kuluja ja käytetyistä komponenteista ei voisi täysin varmistua ennen työn valmistumista.

Suoritettaessa korjaustyö Rautaruukin sisäisellä korjaamolla olisi mahdollista koota korjauksia varten tietty tiimi, joka suorittaisi jokaisen laitteiston korjauksen. Tällöin aikaa ei kuluisi uusilta työntekijöiltä opetteluun laitteen toiminnasta, vaan työ pääsisi heti käyntiin. Aikaa säästyisi säätöjen hakemisessa, koska voitaisiin hyödyntää aiemman laitteen arvoja ainakin lähtötilanteessa. Myös tulevia häiriö- ja vikatilanteita varten tämä voisi olla hyvä vaihtoehto, sillä olisi olemassa henkilöitä, jotka olisivat hyvin tietoisia laitteen toiminnasta ja sen sisältämistä komponenteista.

7.1 Vaihdeettavat komponentit

Päällimmäisenä asiana mietittäessä vaihdettavia komponentteja mieleen tulevat pudotussondilaitteiston manipulaattorin liikkeitä suorittavat pneumaattiset sylinterit sekä muut paineilma-komponentit. Niiden avulla liikutellaan käsittelykelkkaa, sondia käsitteleviä osia sekä hallitaan paloluukun toimintaa. Jotta sylinterit saavat toimintaansa tarvitseman paineilman, tulee myös paineilmaletkut uusiksi kokonaan. Nykyään niitä on jo vaihdettu uusiin ja kestävämpiin entisten mentyä rikki.

Sähkölaitteisto on oleellinen osa koko pudotussondilaitteiston toimintaa ja tärkeässä osassa se on myös manipulaattorin toiminnassa. Ohjataan sylinterien liikettä sähköisesti käskyjä antamalla. Täten kaikki manipulaattorissa olevat sähköosat tulee myös uusiksi korjauksen aikana.

Manipulaattorin linjastot erottavat väliseinät tulevat myös olemaan peruskorjauksen piirissä. Ne toimivat ohjareina sondin käsittelykelkan liikkeissä ja samalla myös suojaavat linjastoja. Väliseinät ovat ajan saatossa kuluneet kelkassa olevien rullien vaikutuksesta sekä pölyn tuomasta lisävaikutuksesta

kulumiseen. Nykyisin kulumat aiheuttavat kelkan takertelua ja myös mahdollista jumiutumista.

Lisäksi manipulaattorissa on useita muita metallikappaleita, jotka olisi peruskorjauksen yhteydessä kannattavaa vaihtaa. Näihin lukeutuvia ovat muun muuassa tiloja jakavia sekä osaltaan myös muita osia suojaavat levyt, jotka tuskin ovat kuitenkaan vuosien saatossa kuluneisuuttaan laitteiston käyttöön vaikuttaneet, sekä eri komponenttien tuet ja kiinnikkeet. Manipulaattorin ulkoiset suojalevyt, joita on nykyäänkin hajoamisten takia vaihdettu, tulisi uusia ja niiden kiinnitys laitteeseen suorittaa siten, että omalta osaltaan ne tukisivat tiiviyn ylläpitoa.

7.2 Korjaukseen pystyviä yrityksiä

Selvitettäessä peruskorjaukseen pystyviä yrityksiä Suomen alueella, kannattavinta oli olla yhteydessä Ruukin ostajiin hyödyntäen heidän tietotaitoaan sekä kanaviaan. Suomessa peruskorjaukseen mahdollisesti pystyviä yrityksiä olisivat suuret toimijat, kuten SKS Group, ABB, Sintrol ja Bosch Rexroth. Jälkimmäisen palveluja hyödyntäessä todennäköistä olisi, että peruskorjauksessa käytettävät pneumatiikkasyylinterit tulisi ottaa heidän kauttaan. Yritykset ovat isoja ja tunnettuja, joten niiden suorittaman työnjäljen voisi olettaa olevan kunnollista.

7.2.1 SKS Group

SKS Group on suomalainen perheyhtiö, joka on perustettu vuonna 1924. Kaikki konsernin ydintoiminnot ja tytäryhtiöt sijaitsevat Suomen maaperällä ulkomaiden yksiköiden sijaitessa Kiinassa, Puolassa, Ruotsissa, Venäjällä sekä Virossa. Yrityksen toiminta-ajatuksena on tarjota vahvaan tekniseen osaamiseen perustuvia tuote- ja palveluratkaisuja kone- ja laitevalmistajille Suomessa ja valituilla markkina-alueilla. (17.)

7.2.2 Bosch Rexroth

Bosch Rexroth on maailmanlaajuinen markkinajohtaja voimansiirtoon, ohjaukseen ja liikkeenhallintaan liittyvissä ratkaisuissa. Myynti- ja

huoltoverkoston tuotantolaitoksiltaan se kattaa yli 80 maata. Heidän tuoteohjelmaansa kuuluvat hydraulikan, lineaari- ja kokoonpanotekniikan ratkaisut sekä sähkötyöt ja ohjausjärjestelmät. Asiakkailleen Bosch Rexroth tarjoaa kattavat neuvonta-, suunnittelu- ja kokoonpano- sekä huoltotoiminnot sisältäen tarvittaessa käyttöönoton ja koulutuksen. (18.)

7.2.3 ABB

ABB on vuonna 1988 perustettu sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsissä. Yrityksen palveluksessa on noin 150 000 henkeä yli 100 maassa, joista Suomessa noin 5 500. ABB:n liiketoiminta koostuu viidestä eri divisioonasta, jotka ovat jakautuneet asiakassegmenttien sekä teollisuudenalojen mukaan. (19.)

7.2.4 Sintrol

Sintrol on vuonna 1975 perustettu elinkaaripalveluihin ja ratkaisuihin keskittynyt perheyritys. Sen päätoimipisteet sijaitsevat Helsingissä, Oulussa, Lappeenrannassa, Delhissä ja Pekingissä. Tytäryhtiöitä löytyy Venäjältä, Kazakstanista sekä Ukrainasta henkilöstön määrän ollessa noin 60 hengen luokkaa. Sintrolin toiminnan pääpainopiste ja asiantuntemus keskittyy pääasiassa mittaukseen liittyviin asioihin, joissa se on tunnettu ja arvostettu yhteistyökumppani. (20.)

7.3 Korjauksen loppusumma

Hyödyntämällä Raahan tehtaan sisäisestä kunnossapitojärjestelmä Artusta ja ostajilta saatuja hintatietoja sekä arvioimalla eri osien valmistuskustannuksia, oli peruskorjaukselle mahdollista laskea likimääräinen summa vaihdettavien osien osalta. Työn osuuden summa on riippuvainen siitä, suoritetaanko korjaus tehtaalta omalla työvoimalla vai ulkoistetaanko se aliurakoitsijalle. Näin ollen aliurakoitsijalle ulkoistettuna tulee mahdolliset ehdokkaat kilpailuttaa ja tätä kautta saada jokaiselta ehdokkaalta oma tarjouksensa. Tehtaan sisäisesti suoritettuna voi työn osuuden arvioida ottamalla huomioon työn keston, siihen osallistuvien henkilöiden määrän sekä osallistuvien henkilöiden tuntipalkan.

Materiaalikustannuksiltaan yhden manipulaattorin peruskorjaus tulisi arvioitujen laskelmien mukaan maksamaan noin 70 000 euroa riippuen komponenttien toimittajasta. Liitteestä 4 on nähtävissä vaihdettavien komponenttien nimet sekä lukumäärät kuten ne on Arttu-järjestelmässä sekä piirustuksissa annettu. Hintojen tarkempi yksilöinti on salaista tietoa, jota ei tässä opinnäytetyössä ole lupaa julkaista.

Osa summan muodostaneista hinnoista saatiin suoraan ostajilta, jälleenmyyjiltä tai Arttu-kunnossapitojärjestelmän tietosivuilta. Lisäksi itse valmistettavien metalliosien valmistuksen kustannuksia jouduttiin suurelta osin arvioimaan, jolloin niistä saatuja lukuja ei voi aivan suoraan käyttää tarkan peruskorjauksen kustannuslaskelman muodostamiseen. Toki ne ovat suuntaa antavia ja mahdollistavat kokonaiskustannusten arvioinnin.

Työn osuuden arvioinnissa tuntimääränä olisi mahdollista käyttää 320 - 360 miestyötuntia, joka kahdelle työparille jaettuna tarkoittaisi noin 2-3 viikon työtä. Tänä aikana tulisi työ saada suoritettua asennuksineen sekä säätöineen. Oletusarvoisesti ensimmäisen laitteiston korjauksen aika on pidempi kuin jälkimmäisten, sillä ensimmäisen korjauksessa opittuja asioita on mahdollista hyödyntää myöhemmissä vaiheissa.

Oman aikansa vievät myös valmistusta vaativat osat, etenkin mahdollisten piirustusten puuttuessa. Tällöin osat jouduttaisiin valmistamaan mallin mukaan, joka edellyttäisi, että valmistettavan osan malli olisi irrotettu manipulaattorista ennen sen valmistuksen aloittamista. Ja vaikka osat saataisiin nopeasti irrotettua ja toimitettua valmistukseen, saattaisi valmistavalla osastolla olla ruuhkaa, jolloin aikataulutuksia jouduttaisiin sopimaan. Ongelma tulisi olemaan suuri vain ensimmäisen korjauskohteen kohdalla, sillä valmistettaessa osat sitä varten, kannattavaa olisi valmistaa ne myös tulevia manipulaattoreita varten.

8 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Laitteistot tulisi jossain sopivassa välissä numeroida, esimerkiksi huollon tai peruskorjauksen yhteydessä, ettei nykyisen kaltaista manipulaattoreiden sekoittumista pääsisi tapahtumaan. Tällöin niille suoritettut työt saataisiin merkittyä oikealle laitteelle tehdyksi ja suoritettujen mittausten seuraamisesta tulisi tarkempaa. Nykyisin manipulaattoreja ei ole mitenkään numeroitu, ja ajan saatossa ne ovat vaihtuneet ristiin, jolloin alun perin jollakin konvertterilla ollut manipulaattori on siirtynyt toiselle konvertterille.

Tulevaa laitteen toimintaa ajatellen tulisi Ruukin kunnossapidon hallintaohjelma Arttuun luoda jokaiselle pudotussondilaitteistolle oma työnsä, johon kirjattaisiin niille suoritettut työt ja huollot. Nykyisin töitä kirjataan vain summittaisesti, jos ollenkaan. Uuden käytännön myötä tulisivat suoritettut huoltotyöt, suuremmat huollot sekä mahdollisesti tehdyt muutokset kirjata jokaisen laitteiston omalle lomakkeelle. Luodun tietokannan perusteella olisi laitteistolle suoritettujen töiden seuranta helpompaa, kun tieto olisi kaikkien saatavilla eikä vain työn suorittaneiden mielessä. Lisäksi saatettaisiin kunnolla tietoon, mitä laitteelle on milloinkin tehty ja kenen toimesta.

Sähköpuolen asentajien laitteistolle suorittamien muutosten laatu ja määrä voisi myös olla kannattavaa selvittää. Vuosien kuluessa on laitteiston toimintaan liittyviä sähköpuolen muutostöitä, mukaan lukien automaatiologiikan muutokset, saatettu suorittaa. Jossain tapauksessa näillä on saatettu saavuttaa etua laitteen toiminnan kannalta, mutta mahdollisesti on saatettu heikentää toista laitteen toimintaominaisuutta.

Harkitsemisen arvoinen ajatus olisi mahdollisuuksien puitteissa luoda lokijärjestelmä vikatietojen keruuta varten. Periaatteena olisi sama kuin autojen vikadiagnostiikkajärjestelmissä eli laitteistossa olisi vikojen keruuta varten oma laitteensa, joka sitten voitaisiin virheen korjattua nollata. Tässä tapauksessa laitteeseen kohdistuvat viat olisivat luettavissa laitteelta eikä niitä tarvitsisi kysellä erikseen käyttökäyttäjältä. Keinolla saataisiin aikaan keruujärjestelmä laitteistoon kohdistuneista vioista.

Pudotussondilaitteistojen manipulaattorien huoltoihin tulisi myös kiinnittää enemmän huomiota etenkin laitteen puhdistuksen osalta. Nykyisin laite jo mainitusti puhdistetaan paineilmalla puhaltamalla, jolloin manipulaattorin sisällä olevat pölyhiukkaset pääsevät tunkeutumaan pieniinkin rakoihin. Puhdistuksesta on myös valmistajan ohjeistuksessa maininta, että se tulisi suorittaa imuroimalla. Tätä varten tulisi manipulaattorin huoltopaikalle, eli tällä hetkellä kunnossapitohenkilöstön verstaalle, järjestää kunnolliset imurointipuitteet puhdistuksen suorittamiseksi. Kunnolliset puitteet vaatisivat tarpeeksi tehokkaan imulaitteen sekä siihen liitettäviä erilaisia imupäitä, joilla olisi mahdollista saavuttaa manipulaattorin ahtaimmatkin kolot ja saada poistettua pöly niistä.

Haettaessa ratkaisua paineilmaletkujen rikkoutumiseen manipulaattorin sisällä, voisi asiaa lähteä ajattelemaan siten, että letkut kulkisivat muuta kuin nykyistä reittiä. Tällä hetkellä letkut ovat sijoitettu avoimesti laitteen rungon sisälle, jossa ne ovat alttiina kipinöille sekä taittumisille luukkujen auetessa ja sulkeutuessa. Tätä voitaisiin välttää suorittamalla letkujen vedot eri kautta nykyiseen verrattuna. Vaihtoehtona voisi olla niiden sijoittaminen oman putkensa sisään joko laitteen ulko- tai sisäpuolelle siten, etteivät ne olisi kipinöille ja taittumisille alttiina. Sama voitaisiin myös tehdä laitteen sähköjohdoille, jolloin niidenkin kestävyyttä saatettaisiin parantaa.

Manipulaattoreiden tiiviyyteen tulisi vastaisuudessa kiinnittää enemmän huomiota ja puuttua havaittuihin vikoihin. Huollon tai korjauksen yhteydessä havaittava tiiviyn puute, esim. suojalevyn huono kiinnittyminen, korjattaisiin kunnolla, jotta tavoitteena oleva ylipaine saataisiin pidettyä laitteen sisällä. Tiivisteiden kuluessa ajan saatossa olisi mahdollista kokeilla tiivistysmateriaalina jotakin muuta kuin nykyisin käytössä olevaa tiivistettä.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin, jotta Rautaruukin Raahen tehtaan terässulatolla käytössä olevien pudotussondilaitteistojen häiriökoodi 6:n mahdollinen juurisyy löytyisi. Lisäksi tutkittiin laitteistojen peruskorjausta ja niiden paloluukkujen mahdollista kehitystä. Tutkituilla ja havaituilla keinoilla käytettävien pudotussondilaitteistojen toimintavarmuutta olisi mahdollista nostaa halutulle tasolle ja täten onnistuneiden mittausten määrää saataisiin kasvatettua.

Mahdollisia juurisyitä nousi työn tekemisen aikana useita esille, mutta varmuudella niiden vaikutusta ei pysty ilmaisemaan. Lisäksi juurisyiksi ei voi sanoa varmuudella vain yhtä, vaan se voi olla myös useamman tekijän summa. Tällöin yksi kohde voi olla vain oire oikean syyn sijaitessa jossain muualla.

Pudotussondilaitteistot sijaitsevat paikassa, jossa ne ovat jatkuvasti alttiita pölylle sekä kuumuudelle. Lisäksi talven aikana altistuminen kylmälle vaikuttaa laitteistojen toimintaan. Käytön aikana mittausta varten olevasta pudotusrännistä nousee kuumia savukaasuja ja hiukkasia, jotka laitteiston suojauksen ollessa heikko pyrkivät tunkeutumaan laitteiston sisälle.

Työn tuloksena saavutettuja mahdollisia juurisyitä tulisi tulevaisuudessa tarpeen vaatiessa hyödyntää ja mahdollisesti yrittää korjata niiden aiheuttaja tai aiheuttajia. Tällä hetkellä kannattavinta olisi kuitenkin suorittaa laitteistoille peruskorjaus, jonka avulla niille pyrittäisiin saavuttamaan uuden laitteiston toimintavarmuus. Manipulaattoreille suoritettava peruskorjaus ollaankin suorittamassa lähiaikoina. Suoritetun korjauksen lisäksi tulisi pudotussondilaitteistojen manipulaattorit numeroida, jolloin niiden vikojen esiintymistä ja toimintaa voitaisiin paremmin tarkkailla.

Tulevaisuudessa manipulaattorien huolto tulisi suorittaa tarkemmin ja paremmilla välineillä. Nykyisinhän puhdistus suoritetaan paineilmalla puhaltaen. Tämä toimintametodi korvattaisiin kunnollisen imurijärjestelmän hankkimisella tilaan, jossa pudotussondilaitteistojen manipulaattoreiden huolto tapahtuu. Lisäksi huoltotyön aikana suoritettavat toimenpiteet ja havaitut vikakohdat

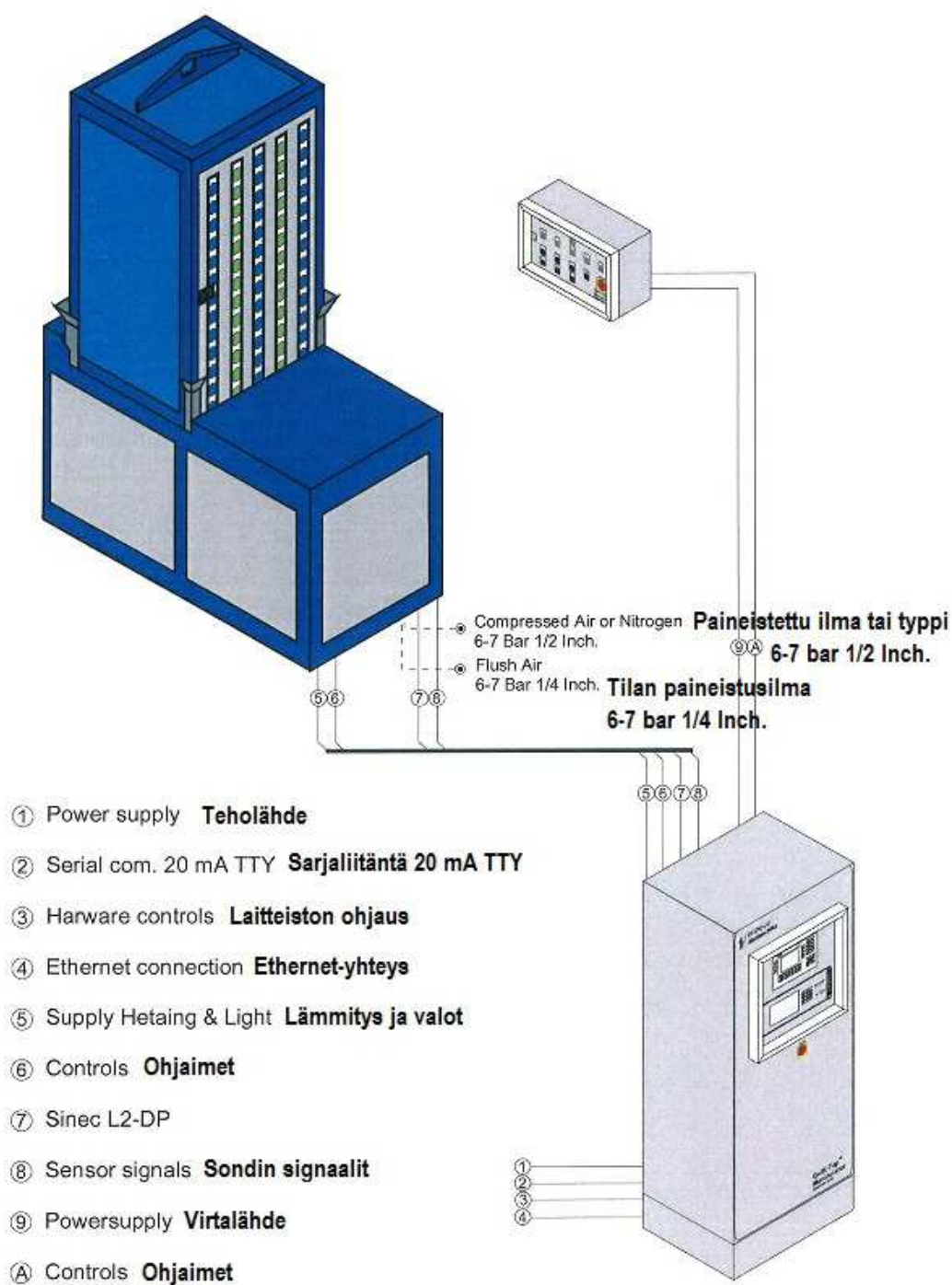
merkattaisiin niille varatulle työlle. Vastaisuudessa raportoidut toimet olisivat nähtävissä samasta paikasta kaikille järjestelmään pääseville, jotka niitä haluaisivat tutkia.

Edessä oleva jokaisen manipulaattorin peruskorjaus on suurin vaikuttava tekijä pudotussondilaitteiston tulevaisuuden kannalta eikä pelkästään vaihdettujen komponenttien kannalta. Korjausten yhteydessä suoritettavat lisätoimenpiteet, kuten manipulaattorien numerointi ja kunnollisten työmääräinten luonti ja noudattaminen Arttu-kunnossapidon tietojärjestelmään, ovat tärkeässä osassa tulevaisuuden toiminnan sekä seurannan kannalta.

LÄHTEET

1. Yhtiön johto - Ruukki. 2014. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Yhtion-johto>. Hakupäivä 9.12.2013.
2. Tietoa yhtiöstä - Ruukki. 2014. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta>. Hakupäivä 9.12.2013.
3. Historia - Ruukki. 2014. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Historia>. Hakupäivä 9.12.2013.
4. Konsernirakenne - Ruukki. 2014. Rautaruukki Oyj. Saatavissa: <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Konsernirakenne>. Hakupäivä 9.12.2013.
5. Tehdasoppaiden esittelymateriaali. Raahen tehtaan esittelymateriaalit. Sisäinen materiaali. Raahen: Rautaruukki Oyj.
6. Ruukin teräsliiketoiminta. 2013. Raahen tehtaan esittelymateriaalit. Sisäinen materiaali. Raahen: Rautaruukki Oyj.
7. Teräskirja. Teräs – silta tulevaisuuteen. 8. painos. 2009. Helsinki: Metallinjalostajat ry.
8. Harju, Joonas 2013. Konverttereiden pudotussondilaitteistojen toimintavarmuuden parantaminen. Insinööritoimisto. Raahen: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/61384/harju_joonas.pdf?sequence=1. Hakupäivä 18.3.2014.
9. Terässlaiton yleisesittely. 2006. Raahen tehtaan esittelymateriaalit. Sisäinen materiaali. Raahen: Rautaruukki Oyj.
10. Teräskirja, Teräksen valmistus raakaraudasta. 2014. Teknologiateollisuus ry. Saatavissa: http://www.teknologiateollisuus.fi/file/7429/J_TERSRAAKARAUDASSA.pdf.html. Hakupäivä 10.2.2014.

11. Konvertterit. 2008. Raahen tehtaan esittelymateriaalit. Sisäinen materiaali. Raahe: Rautaruukki Oyj.
12. Ollila, Seppo 2014. Teknologia-asiantuntija, Rautaruukki Oyj. Sähköpostikeskustelut.
13. Heraeus Electro Nite - Suomi, Finland. 2014. Heraeus Electro Nite. Saatavissa: http://heraeus-electro-nite.com/en/locationscontact/suomi/finland_suomi.aspx. Hakupäivä 27.12.2013.
14. Ollila, Seppo – Lilja, Jarmo. 2000. Direct Tapping of BOF Using an Automated Drop In Sensor System at Rautaruukki OYJ. Raahe Steel Works Finland. 3rd European Oxygen Steelmaking Conference –konferenssijulkaisu. Hakupäivä 31.3.2014.
15. Heraeus Electro-Nite, QuiK-TapTM Drop System. Instruction, installation and Operating Manual. 1999. V. 1.00 98/279 & 99/081.
16. Ollila, Seppo. 2014. Tarkkailu toimivuus vuorauksittain.xls. Excel-tiedosto. Raahe: Rautaruukki Oyj.
17. SKS GROUP – SKS Group. 2014. SKS Group Oy. Saatavissa: http://www.sks.fi/www/_sks-group. Hakupäivä 4.4.2014.
18. Rexroth Suomessa – Suomi. 2014. Bosch Rexroth. Saatavissa: http://www.boschrexroth.fi/country_units/europe/finland/fi/company/yritys/00_rexroth-suomessa/index.jsp. Hakupäivä 4.4.2014
19. ABB lyhyesti. 2014. ABB. Saatavissa: <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>. Hakupäivä 4.4.2014.
20. Esittely. 2014. Sintrol. Saatavissa: <http://www.sintrol.fi/yritys/esittely>. Hakupäivä 4.4.2014.



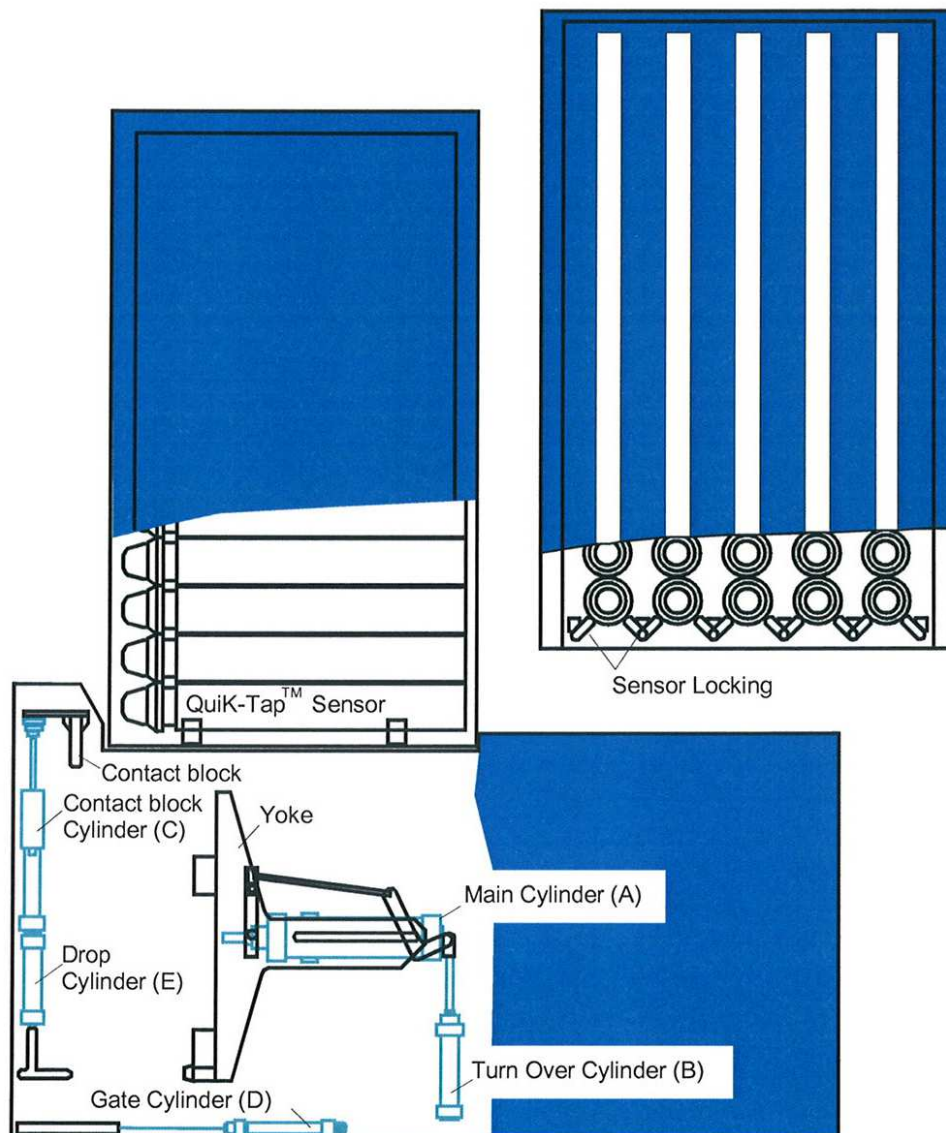
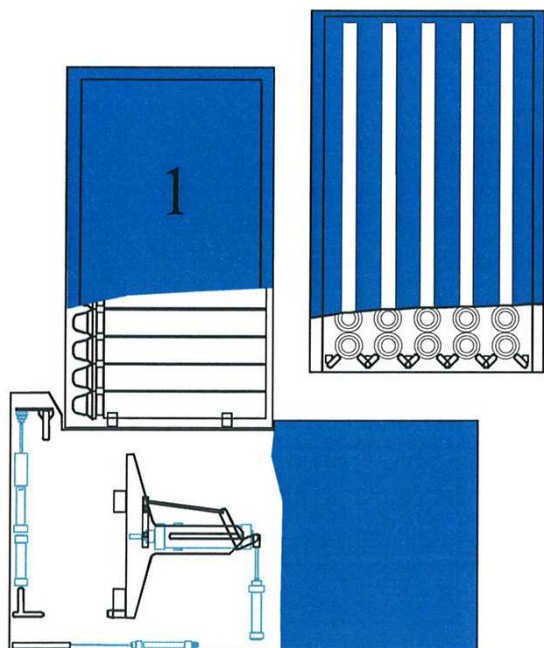


Figure 2-1 Nomenclature

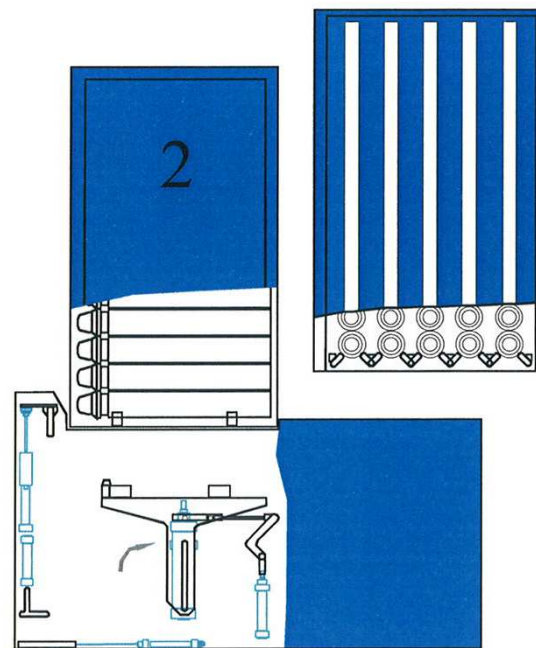
This position is the zero or rest position where:

- A is pulled in
- B is pushed out (placing the Yoke vertically)
- C is pushed out (keeping the contact block in upper position)
- D is pushed out (the gate is closed)
- E is pulled in.
- No Sensor ready to drop



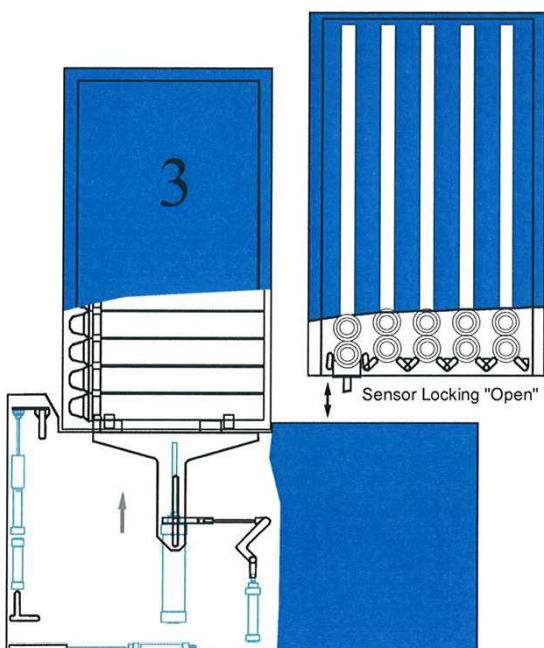
Position 1

This is the zero or rest position.



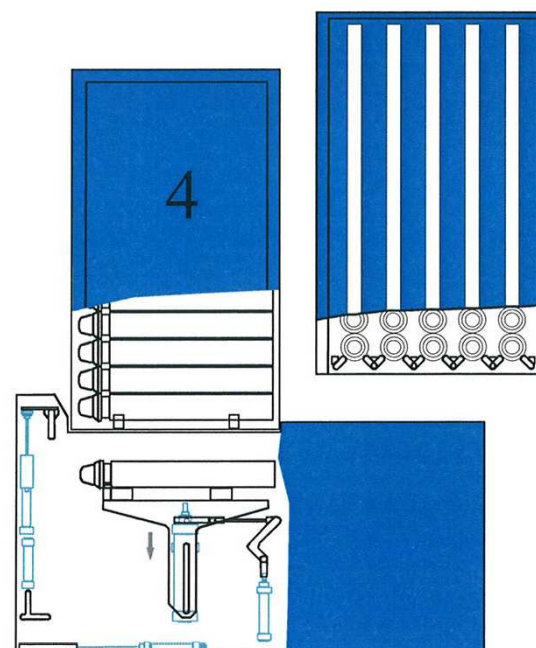
Position 2

When the signal is given the Turn over cylinder pulls in and the Yoke rotates 90°.



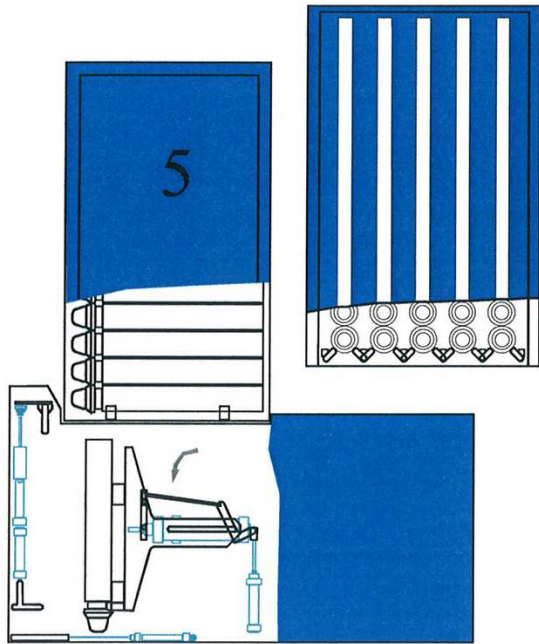
position 3

Next the main cylinder pushes the Yoke upwards, causing the sensor locks to open. A sensor drops on and is held by the Yoke.



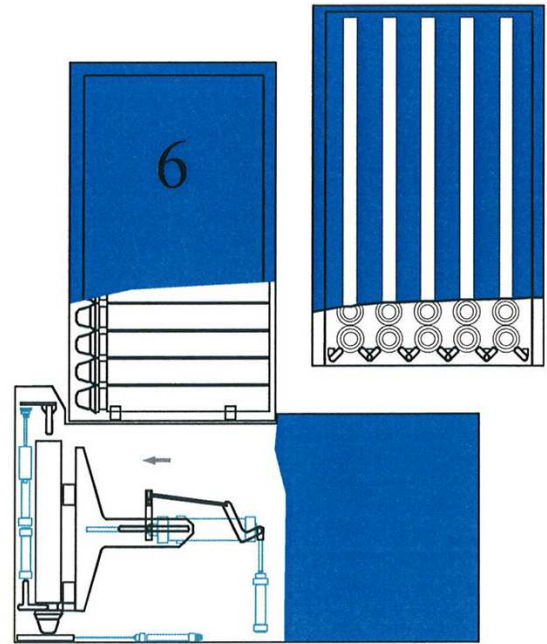
position 4

After a short time delay the main cylinder returns to position 2 but containing now a sensor.



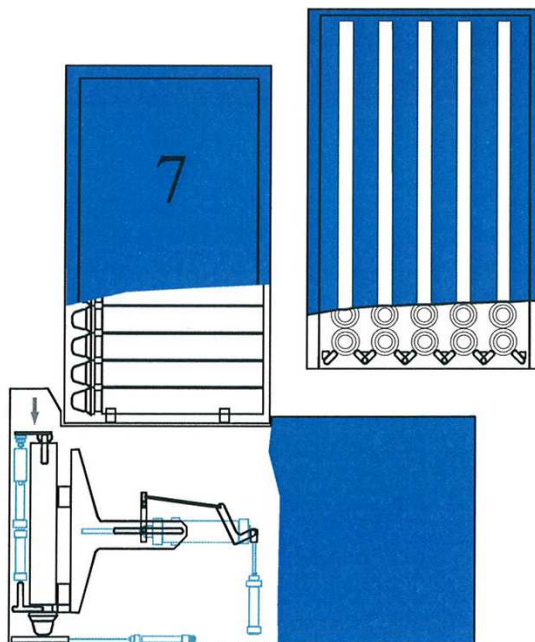
position 5

The Turn over cylinder pulls out rotating the Yoke



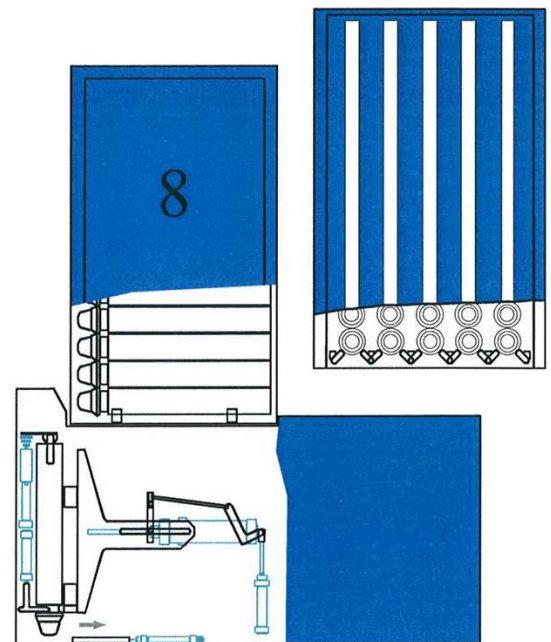
position 6

The main cylinder brings the sensor in drop position.



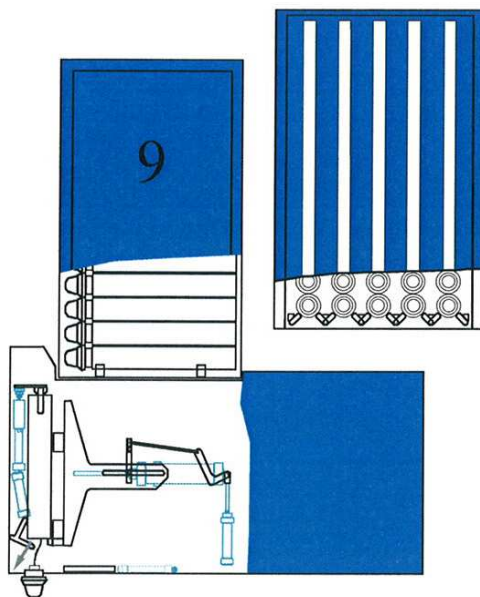
position 7

The contact block comes down. At appropriate time the system will test the sensor.



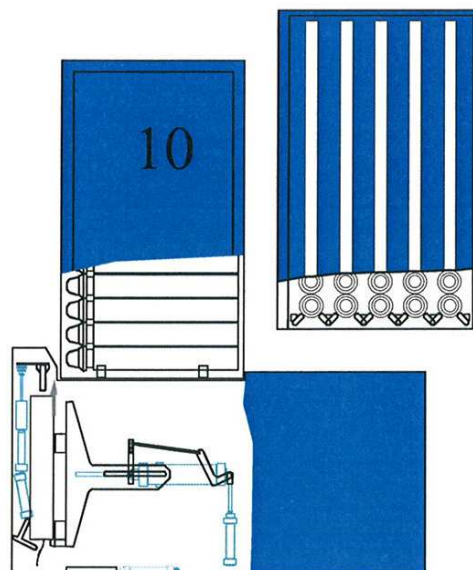
position 8

If the drop command is given, the Multi-Lab will be connected to the sensor and the gate opens.



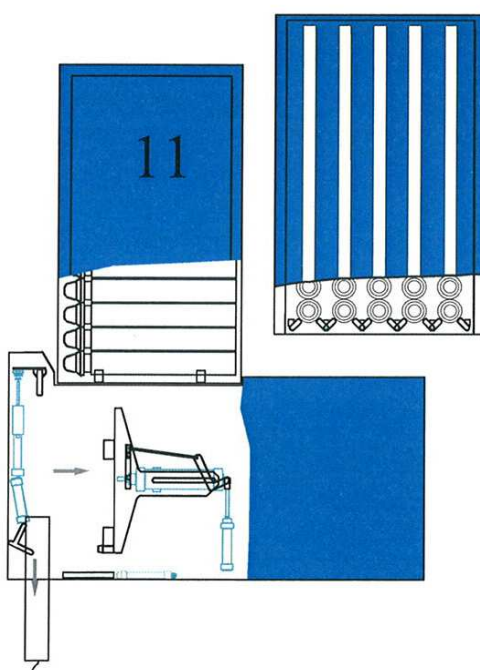
Position 9

The drop cylinder pushes out the measuring head of the sensor.



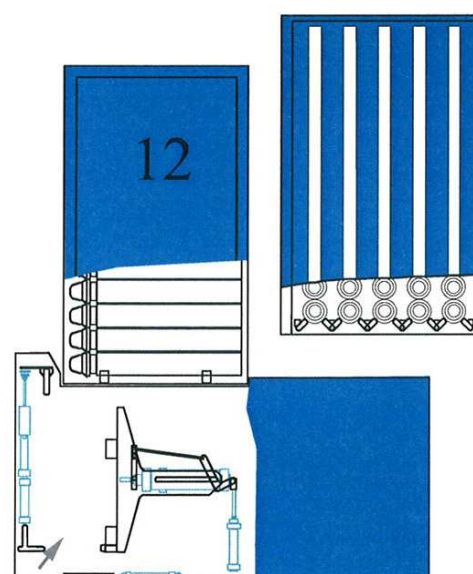
position 10

When the Multi-Lab signalled back "End measurement" The contact block will be released from the sensor.



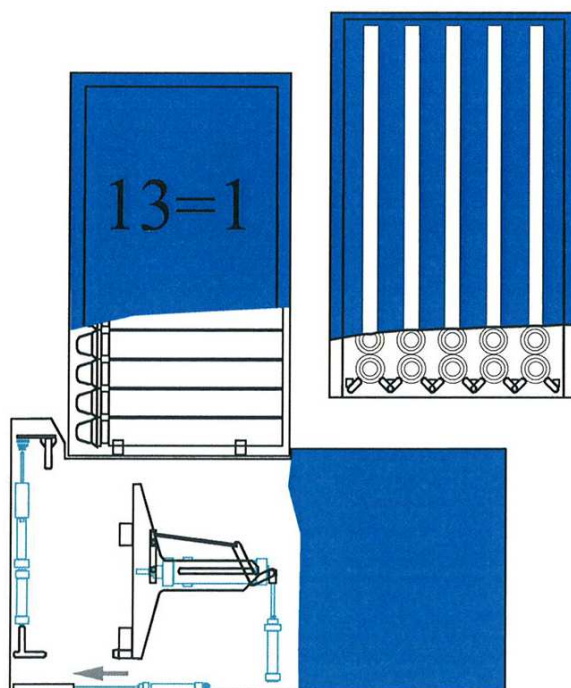
Position 11

The main cylinder pulls back causing the tube to drop in the funnel.



position 12

After a time delay, the drop cylinder pulls back in.



Position 13

Finally the gate closes. The Manipulator is now back in zero and rest position.

Komponentti	Tarvittava määrä/kpl
Kenttäväyläyksikkö CP-FB09-E	2
Riviliitinrele REL-MR-24DC/21AU	5
Turvarajakytkin ANATOM 6S	2
Sylinteri DNC-40-400-PPV-A	2
Liitäntäkaapeli SIM-M8-3GD-5-PU	10
Sylinteri DNC-63-50-PPV-A	5
Puhdistusharja 118.138.61	5
Pienoisrele REL-SG-24/B110	5
Yksinkertainen salpa	5
Kapasitiivinen kytkin CFDK 30P1600/S14 M502	5
Adapteri QUIK-TAP LANCEFOR CM III, CMADN 3-CHECMA-	5
Pistoliitin M12 4-PIN NAARAS	5
Kytkin CFDK 30P1600/S14	5
Venttiili 321H15 492190 2995	5
Sylinteri DNC-32-125-PPV-A	5
Sylinteri DNC-32-200-PPV-A	5
Induktiivinen kytkin SMT-8-PS-S-LED-24-B	10
Katkaisinsalpa	5
Adapteri	5
Sylinteri DNC-50-100-PPV-A	5
Bearing bush	5
Contact block	5
Sylinterin laatta	5
Kaksoissalpa (set)	5
Ohjainlaakeri (set)	5
Pidike lock holder	5
Sylinteri DNC-80-250-PPV-A	5
Venttiili CPE14-M1H-5J-QS-6	1
Venttiiliyksikkö CPV14-VI	5
Tuloyksikkö CP-E16-M12X2-5POL	5
Lehtijousi (set), 20 kpl	5
Liitäntäkortti 6ES7 340-1AH01-0AE0	5
Paristo 6ES7 971-1AA00-0AA0	1
Sarjaliikennekortti 6ES7 341-1BH01->	5
Välilevyt (peruslevy)	1
Suojapelti	6
Guide bearing	10
Paineilmaletku	150 m
Ohjainlevy	5
Pudotushaarukka	5

VAIHDETTAVAT KOMPONENTIT JA NIIDEN LUKUMÄÄRÄT	LIITE 4/2
---	-----------

Bottom plate	1
Gate slide	5
Supporting block	10
Mounting plate	1
Assy front panel	1
Intermediate beam	6
Centring boss	3
Assy safety slide	1
Plate for switch 1	5
Plate for switch 2	5
Bottom grate	1
Connection plate	1
Partition plate	2
Partition grate	1
Grate for pneumatic	2
Safety blocks	6
Clamping plate	4
Guiding support	2
Guiding support (set L+R)	5
Centring boss	4
Switch slide	1
Bush	2
Locking block	2
Brace for lamp	4
Distance barr	1
Chain holder	4
Support for heater	2
Support for flow control valve	7
Block for flow control valve	2
Distance block for valve terminal	10
Distance block	1
Safety switch protection	1
Mounting plate FNC-32	30
Cable track	1
Proximity switch Bi5U-Q08-AP6x2	20
Cabinet KL1502/210	2

Compressed air service unit HE-D-MIDI, LFR-3/8-D-MIDI, HEE-D-MIDI, HEL-D-MIDI, FRM-D-MINI, PEV-1/4-B	1
--	---

VAIHDETTAVAT KOMPONENTIT JA NIIDEN LUKUMÄÄRÄT

LIITE 4/3

Fitting QS-1/4-12	15
Fitting QS-1/2-12	10
Fitting QSL-1/4-12	10
Silencer U-M3	4
Silencer UC-1/8	7
Silencer U-3/8	1
Silencer U-1/2	7
Nipple 1/8	10
Nipple 1/2	10
Nipple CN-1/4-PK4	70
Nipple LCN-1/4-PK4	80
Nipple LCN-1/8-PK5	30
Flow contr. valve GRA 1/4-B	34
Press. reg. valve LR-1/4-D-MINI	1
Gauge MA-40-16-1/8-EN	1
Position switch XCK-P118	1
Position switch XCK-P102	2
Lamp armature Art nr. 577-200	2
Cabinet heating 6108-59 P=1000 W	4